

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO  
MESTRADO ACADÊMICO**

**IMPACTOS ECONÔMICOS E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE  
ALTERNATIVAS CONSTRUTIVAS EM UM PROJETO PADRÃO DE  
CRECHE PÚBLICA NO CLIMA DE NATAL/RN**

**FRANCISCO BERNARDO SALES DE AGUIAR**

Orientação: Profa. Dra. Solange V. G. Goulart

Natal/RN, 2018

Francisco Bernardo Sales de Aguiar

**IMPACTOS ECONÔMICOS E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE  
ALTERNATIVAS CONSTRUTIVAS EM UM PROJETO PADRÃO DE  
CRECHE PÚBLICA NO CLIMA DE NATAL/RN**

*Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-graduação em Arquitetura e  
Urbanismo, Mestrado Acadêmico, da  
Universidade Federal do Rio Grande do  
Norte, como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Mestre.*

**Orientadora:** Profa. Dra. Solange V. G.  
Goulart

Natal/RN  
2018

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

Sistema de Bibliotecas - SISBI

Catálogo de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial Prof. Dr. Marcelo Bezerra de Melo Tinôco - DARQ - -CT

Aguiar, Francisco Bernardo Sales de.

Impactos econômicos e desempenho energético de alternativas construtivas em um projeto padrão de creche pública no clima de Natal/RN / Francisco Bernardo Sales de Aguiar. - Natal, 2018. 192f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Departamento de Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Solange Virginia Galarca Goulart.

1. Arquitetura escolar - Dissertação. 2. Eficiência energética - Dissertação. 3. Viabilidade econômica - Dissertação. 4. Obra pública - Dissertação. I. Goulart, Solange Virginia Galarca. II. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. III. Título.

RN/UF/BSE15

CDU 727

AGUIAR, Francisco B. S. IMPACTOS ECONÔMICOS E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE ALTERNATIVAS CONSTRUTIVAS EM UM PROJETO PADRÃO DE CRECHE PÚBLICA NO CLIMA DE NATAL/RN.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Curso de Mestrado Acadêmico, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Arquitetura, Projeto e Meio Ambiente.

Área de concentração: Projeto, Morfologia e Conforto no Ambiente construído.

Orientadora: Profa. Dra. Solange V. G. Goulart

Aprovada em (ata depositada na secretaria do curso): 27 / 03 / 2018

### **Banca Examinadora**

<u>Solange Virginia Galarca Goulart</u> Prof. (a) Dr. (a)	<u>Universidade Federal do Rio Grande do Norte</u> IES
<u>Aldomar Pedrini</u> Prof. (a) Dr. (a)	<u>Universidade Federal do Rio Grande do Norte</u> IES
<u>Roberto Lamberts</u> Prof. (a) Dr. (a)	<u>Universidade Federal de Santa Catarina</u> IES

## **AGRADECIMENTOS**

Ao término desta pesquisa, agradeço a todas as pessoas que contribuíram para que esta dissertação se concretizasse. Agradecimento especial...

... ao Grande Arquiteto do Universo por me proporcionar essa oportunidade de crescimento pessoal e profissional;

... à todos os membros do Labcon/UFRN, principalmente ao Prof. Aldomar Pedrini, que, sempre bastante prestativo e atencioso, me transmitiu importantes conhecimentos e me ajudou na realização deste trabalho;

... à Prof. Solange Goulart, pela disponibilidade e orientações fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa;

... aos diretores e servidores do CMEI Fernanda Jales, na pessoa da Dra. Daniele, a qual forneceu sempre de forma muito solícita os dados da respectiva escola para a pesquisa;

... e à minha esposa Mariana, pelo constante incentivo e compreensão durante toda a trajetória do mestrado;

## RESUMO

Estima-se que o potencial de conservação de energia em prédios novos pode atingir 50% (PROCEL, 2015). Diversos estudos realizados para o clima de Natal-RN reforçam essa tendência e têm demonstrado um vasto potencial de redução do consumo energético, além de identificar a significativa influência das características arquitetônicas ou construtivas. Contudo, uma escolha de soluções arquitetônicas ou construtivas com base somente no potencial de redução do consumo energético é muito restrita. O respaldo em critérios econômicos e a observância dos regulamentos vigentes, tais como o RTQ-C, torna o processo de tomada de decisão mais abrangente e adequado. Essa dissertação trata da análise da implantação de alternativas construtivas em um projeto de uma escola pública no clima de Natal/RN a partir da comparação dos seus impactos econômicos e desempenho energético. Por meio de simulações computacionais, foi analisada a implantação de oito recorrentes alternativas em dois edifícios do projeto tipo B do programa PROINFÂNCIA/FNDE que possuem algumas salas condicionadas. Foram verificados os impactos na redução do consumo para resfriamento, no nível de eficiência energética da envoltória pelo RTQ-C e a viabilidade econômica. Sete alternativas demonstraram eficácia em reduzir o consumo de energia para resfriamento, com um potencial de redução de até aproximadamente 26%. Somente quatro delas elevaram a etiqueta de “B” para “A”. Somente quatro foram viáveis, o que se deu muito mais em decorrência da substituição de materiais por outros mais baratos do que pelo benefício financeiro com a redução do consumo. Em ambos os edifícios, a solução que mais impactou positivamente a eficiência energética em relação ao consumo e etiquetagem (alternativa “b”: telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada) resultou inviável economicamente. A alternativa “c” (telha cerâmica colonial clara com forro de gesso) foi a única que, além de viável, também reduziu o consumo de ambos os edifícios e alcançou etiqueta nível “A”, o que também contribuiu para evidenciar a eficácia do uso de cores claras na cobertura. Concluiu-se que as alternativas com melhores desempenhos energéticos podem não representar as melhores soluções de um projeto. Para se identificar, de uma forma mais abrangente, a solução ótima, deve-se considerar também análises econômicas que, conforme se verificou, foram muito mais influenciadas pelo custo das alternativas do que pela redução do consumo. Palavras-chave: Eficiência Energética; Viabilidade Econômica; Obra pública.

## **ABSTRACT**

It is estimated that the energy saving potential in new buildings can reach 50% (PROCEL, 2015). Several studies carried out for the Natal-RN climate reinforce this trend and have demonstrated a vast potential for reducing energy consumption, in addition to identifying the significant influence of architectural or constructive features. However, a choice of architectural or constructive solutions based only on the potential of reducing energy consumption is very restricted. The support in economic criteria and the adherence to existing regulations, such as RTQ-C, make the decision-making process more comprehensive and appropriate. This dissertation deals with the analysis of the implementation of constructive alternatives in a public building project in the Natal/RN climate, based on the comparison of its economic impacts and energy performance. By means of computational simulations, it was analyzed the implementation of eight recurrent alternatives in two buildings of the type B PROINFÂNCIA/FNDE program project that have some conditioned rooms. The impacts on the reduction of the consumption of cooling energy, on the level of energy efficiency of the envelope by the RTQ-C and the economic feasibility were verified. Seven alternatives showed efficiency in reducing the consumption of cooling energy, with a reduction potential of up to approximately 26%. Only four of them raised the label from "B" to "A". Only four were feasible, which occurred much more due to the substitution of materials for cheaper ones than to the financial benefit of reducing energy consumption. In both buildings, the solution that most positively impacted the energy efficiency in relation to consumption and labeling (alternative "b": white colonial ceramic tile with precast slab ceiling) proved economically unfeasible. The alternative "c" (white colonial ceramic tile with plaster lining) was the only alternative that, in addition to being feasible, also reduced the consumption of both buildings and reached level "A" label, which also contributed to highlight the effectiveness of the use of light colors on the roof. It was concluded that the alternatives with better energy performance may not represent the best solutions of a project. In order to identify, in a more comprehensive way, the optimal solution, it must be considered economic analyzes that, as verified, were much more influenced by the cost of alternatives than by the reduction of consumption.

**Keywords:** Energy Efficiency; Economic Feasibility; Public buildings

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1: Zoneamento bioclimático brasileiro.....	25
Figura 2-2: Estruturas de sombreamento tipo “caixa de ovo” eficazes para aberturas nas fachadas leste e oeste de edificações em regiões de baixa latitude. ....	30
Figura 2-3: Diagrama de uma seção de uma fachada ventilada. ....	34
Figura 2-4: Variação do fluxo de calor, $S$ , com espessura do duto de ar $d$ (m) de fachadas ventiladas.....	36
Figura 3-1: Diagrama do método de estudo. ....	48
Figura 3-2: Creches do tipo B do programa PROINFÂNCIA/FNDE construídas nas sub-regiões climáticas do RN.....	50
Figura 3-3: Edifícios do projeto padrão “tipo B” do programa PROINFÂNCIA/FNDE. ....	51
Figura 3-4: Maquete eletrônica do projeto padrão “tipo B” do programa PROINFÂNCIA/FNDE. ....	52
Figura 3-5: Vista frontal direita de uma creche tipo B do PROINFÂNCIA/FNDE, construída em Jandaíra/RN. ....	53
Figura 3-6: Vista posterior de uma creche do PROINFÂNCIA/FNDE, tipo B, construída em Jandaíra/RN. ....	53
Figura 3-7: Piso, esquadrias e revestimentos interno das paredes de uma creche do PROINFÂNCIA/FNDE, tipo B, construída em Jandaíra/RN. ....	54
Figura 3-8: Etapa 2 do método da pesquisa.....	55
Figura 3-9: Etapa 3 do método da pesquisa.....	63
Figura 3-10: Dispositivo de sombreamento das aberturas do tipo caixa de ovo utilizado nas análises. ....	69
Figura 3-11: Diagramas de máscara de sombra dos dispositivos de sombreamento do tipo caixa de ovo obtidos com a ferramenta SunTool. ....	69
Figura 3-12: Etapa 4 do método da pesquisa.....	70
Figura 3-13: Modelo de Fluxo de caixa utilizado na pesquisa. ....	71
Figura 4-1: Modelo computacional do edifício I e zonas térmicas. ....	76
Figura 4-2: Cargas térmicas horárias para a segunda semana de janeiro do edifício I. ....	78
Figura 4-3: Cargas térmicas horárias para o dia 20 de janeiro do edifício I. ....	79
Figura 4-4: Cargas térmicas horárias para uma semana de julho do edifício I. ....	79



Figura 4-5: Cargas térmicas horárias para o dia 15 de julho do edifício I. ....	80
Figura 4-6: Cargas térmicas horárias para o dia 20 de janeiro na sala NII-A/C do edifício I.....	81
Figura 4-7: Consumo de energia elétrica horária por uso final do edifício I (fevereiro). ....	82
Figura 4-8: Consumo de energia elétrica horária por uso final do edifício I (julho)....	82
Figura 4-9: Modelo computacional do edifício II e zonas térmicas. ....	84
Figura 4-10: Cargas térmicas horárias para a segunda semana de janeiro do edifício II. ....	86
Figura 4-11: Cargas térmicas horárias para o dia 20 de janeiro do edifício II. ....	87
Figura 4-12: Cargas térmicas horárias para uma semana de julho do edifício II.....	87
Figura 4-13: Cargas térmicas horárias para o dia 15 de julho do edifício II. ....	88
Figura 4-14: Cargas térmicas horárias para o dia 20 de janeiro na sala Secretaria do edifício II.....	89
Figura 4-15: Consumo de energia elétrica horária por uso final do edifício II (janeiro). ....	90
Figura 4-16: Consumo de energia elétrica horária por uso final do edifício II (julho). ....	90
Figura 4-17: Consumos anuais de energia para resfriamento do caso base e dos modelos com as alternativas implantadas nos edifícios I e II. ....	92
Figura 4-18: Redução (%) do consumo de energia para resfriamento com a implantação das alternativas no edifício I e II em relação ao caso base.....	95
Figura 4-19: VPL das alternativas simuladas para o Edifício I e II e em relação ao caso base. ....	112
Figura 4-20: Composição do VPL das alternativas viáveis do edifício I. ....	115
Figura 4-21: Composição do VPL das alternativas viáveis do edifício II. ....	115
Figura 4-22: VPL das alternativas simuladas para o Edifício I e II e em relação ao caso de maior consumo anual. ....	116

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1: Relação custo-benefício dos 5 melhores sistemas de cobertura para o clima de Natal-RN do estudo de Simas (2009). .....	27
Tabela 2-2: Sistemas com telhas termoacústicas testadas no estudo de Simas (2009). .....	27
Tabela 2-3: Vida útil de projeto mínima e superior de acordo com a norma de desempenho de edificações habitacionais.....	45
Tabela 3-1: Características gerais dos projetos padrão “Tipo B” do programa PROINFÂNCIA/FNDE. ....	50
Tabela 3-2: Características construtivas dos Edifícios do projeto padrão da creche tipo B do programa PROINFÂNCIA/FNDE. ....	56
Tabela 3-3: Coeficiente e expoente de fluxo de ar por frestas do modelo de infiltração. ....	57
Tabela 3-4: Etiquetagem parcial da envoltória: parâmetros comuns entre os modelos reais e os de referência. ....	59
Tabela 3-5: Etiquetagem parcial da envoltória: parâmetros específicos dos modelos reais e dos modelos de referência. ....	60
Tabela 3-6: $IC_{env}$ para cada nível de eficiência energética.....	61
Tabela 3-7: Parâmetros para o cálculo do $IC_{máxD}$ e o $IC_{min}$ . ....	62
Tabela 3-8: Características da alternativa “a”.....	64
Tabela 3-9: Características da alternativa “b”.....	65
Tabela 3-10: Características da alternativa “c”.....	65
Tabela 3-11: Características da alternativa “d”.....	66
Tabela 3-12: Características da alternativa “e”.....	66
Tabela 3-13: Características da alternativa “f”.....	67
Tabela 3-14: Especificações técnicas do vidro refletivo Habitat Champagne da CEBRACE.....	68
Tabela 3-15: Tarifas de energia elétrica aplicadas no CMEI Fernanda Jales de maio/2016 a maio/2017.....	74
Tabela 4-1: Períodos de não atividade no edifício I. ....	77
Tabela 4-2: Temperaturas de solo do edifício I. ....	77
Tabela 4-3: Percentual de área de abertura na fachada ( $PAF_t$ ) dos modelos de referências do RTQ-C para o edifício I.....	83

Tabela 4-4: Avaliação da Envoltória do Edifício I pelo RTQ-C – Consumos dos modelos (kWh/m <sup>2</sup> /ano).....	83
Tabela 4-5: Períodos de não atividade no edifício II. ....	85
Tabela 4-6: Temperaturas de solo do edifício II. ....	85
Tabela 4-7: Percentual de área de abertura na fachada (PAF <sub>t</sub> ) dos modelos de referências do RTQ-C para o edifício II.....	91
Tabela 4-8: Avaliação da Envoltória do Edifício II pelo RTQ-C – Consumos dos modelos (kWh/m <sup>2</sup> /ano).....	91
Tabela 4-9: Redução do consumo de energia para resfriamento com a implantação das alternativas no edifício I em relação ao caso base e em ordem decrescente. .	93
Tabela 4-10: Redução do consumo de energia para resfriamento com a implantação das alternativas no edifício II em relação ao caso base e em ordem decrescente.	93
Tabela 4-11: Redução do consumo de energia para resfriamento com a implantação das alternativas no edifício I em relação ao pior caso e em ordem decrescente. ...	96
Tabela 4-12: Redução do consumo de energia para resfriamento com a implantação das alternativas no edifício II em relação ao pior caso e em ordem decrescente. ...	96
Tabela 4-13: Consumo energético dos modelos (kWh/m <sup>2</sup> /ano) e níveis de eficiência energética (RTQ-C) da envoltória do edifício I com as alternativas. ....	98
Tabela 4-14: Consumo energético dos modelos (kWh/m <sup>2</sup> /ano) e níveis de eficiência energética (RTQ-C) da envoltória do edifício II com as alternativas. ....	98
Tabela 4-15: Ordem de classificação das alternativas de acordo com o impacto no desempenho energético do edifício I no contexto do método RTQ-C.....	99
Tabela 4-16: Ordem de classificação das alternativas de acordo com o impacto no desempenho energético do edifício II no contexto do método RTQ-C.....	99
Tabela 4-17: Custo total da aplicação da estratégia “a” para o Edifício I. ....	101
Tabela 4-18: Custo total da aplicação da estratégia “a” para o Edifício II. ....	102
Tabela 4-19: Impactos financeiros decorrentes da variação do consumo de energia com a implantação da alternativa “a”. ....	102
Tabela 4-20: Custo total da aplicação da estratégia “b” para o Edifício I. ....	103
Tabela 4-21: Custo total da aplicação da estratégia “b” para o Edifício II. ....	103
Tabela 4-22: Impactos financeiros decorrentes da variação do consumo de energia com a implantação da alternativa “b”. ....	103
Tabela 4-23: Custo total da aplicação da estratégia “c” para o Edifício I. ....	104
Tabela 4-24: Custo total da aplicação da estratégia “c” para o Edifício II. ....	104

Tabela 4-25 Impactos financeiros decorrentes da variação do consumo de energia com a implantação da alternativa “c” .....	105
Tabela 4-26: Custo total da aplicação da estratégia “d” para o Edifício I. ....	105
Tabela 4-27: Custo total da aplicação da estratégia “d” para o Edifício II. ....	106
Tabela 4-28: Impactos financeiros decorrentes da variação do consumo de energia com a implantação da alternativa “d”. ....	106
Tabela 4-29: Custo total da aplicação da estratégia “e” para o Edifício I. ....	107
Tabela 4-30: Custo total da aplicação da estratégia “e” para o Edifício II. ....	107
Tabela 4-31: Impactos financeiros decorrentes da variação do consumo de energia com a implantação da alternativa “e”. ....	108
Tabela 4-32: Custo total da aplicação da estratégia “f” para o Edifício I. ....	109
Tabela 4-33: Custo total da aplicação da estratégia “f” para o Edifício II. ....	109
Tabela 4-34: Impactos financeiros decorrentes da variação do consumo de energia com a implantação da alternativa “f”. ....	110
Tabela 4-35: Custo total da aplicação da estratégia “g” para o Edifício I. ....	110
Tabela 4-36: Custo total da aplicação da estratégia “g” para o Edifício II. ....	110
Tabela 4-37: Impactos financeiros decorrentes da variação do consumo de energia com a implantação da alternativa “g”. ....	111
Tabela 4-38: Custo total da aplicação da estratégia “h” para o Edifício I. ....	111
Tabela 4-39: Custo total da aplicação da estratégia “h” para o Edifício II. ....	111
Tabela 4-40: Impactos financeiros decorrentes da variação do consumo de energia com a implantação da alternativa “h”. ....	111
Tabela 4-41: VPL das alternativas no Edifício I em relação ao caso base e em ordem decrescente.....	113
Tabela 4-42: VPL das alternativas no Edifício II em relação ao caso base e em ordem decrescente.....	113
Tabela 4-43: VPL das alternativas no Edifício I em relação ao caso de maior consumo anual e em ordem decrescente.....	117
Tabela 4-44: VPL das alternativas no Edifício II em relação ao caso de maior consumo anual e em ordem decrescente.....	117
Tabela 4-45: Resultados da implantação das alternativas no edifício I em relação à etiquetagem, à redução do consumo para resfriamento, e à viabilidade econômica (VPL). ....	119

Tabela 4-46: Resultados da implantação das alternativas no edifício II em relação à etiquetagem, à redução do consumo para resfriamento e à viabilidade econômica (VPL).....	119
Tabela 6-1: Padrão de ocupação da zona térmica "Creche NII-A/C" do edifício I...	134
Tabela 6-2: Padrão de ocupação da zona térmica "Creche NII-B/D" do edifício I...	135
Tabela 6-3: Padrão de ocupação da zona térmica "Creche NIII" do edifício I. ....	136
Tabela 6-4: Padrão de ocupação da zona térmica "Creche NIV" do edifício I.....	137
Tabela 6-5: Padrão de ocupação da zona térmica "Sala Multiuso" do edifício I.....	138
Tabela 6-6: Cargas internas das zonas térmicas do Edifício I.....	139
Tabela 6-7: Densidade de potência de iluminação das zonas térmicas do Edifício I. ....	139
Tabela 6-8: Padrão de uso de iluminação/equipamentos das zonas térmicas "Creche NII-A/C" e "Repouso NII-A/C" do edifício I.....	140
Tabela 6-9: Padrão de uso de iluminação/equipamentos das zonas térmicas "Creche NII-B/D" e "Repouso NII-B/D" do edifício I.....	140
Tabela 6-10: Padrão de uso de iluminação/equipamentos da zona térmica "Creche NIII" do edifício I. ....	141
Tabela 6-11: Padrão de uso de iluminação/equipamentos da zona térmica "Creche NIV" do edifício I.....	141
Tabela 6-12: Padrão de uso de iluminação da zona térmica "Sala Multiuso" do edifício I. ....	142
Tabela 6-13: Padrão de uso de equipamentos da zona térmica "Suporte" do edifício I. ....	143
Tabela 6-14: Características dos modelos de aparelho de ar condicionado utilizados nas zonas térmicas condicionadas do edifício I para obtenção do consumo base. ....	143
Tabela 6-15: Padrão de uso do ar-condicionado no edifício I (exceto zona térmica "Sala Multiuso"). ....	144
Tabela 6-16: Padrão de uso do ar-condicionado na zona térmica "Sala Multiuso" do edifício I.....	145
Tabela 6-17: Padrão de ocupação da zona térmica "Diretoria" do edifício II.....	146
Tabela 6-18: Padrão de ocupação da zona térmica "Secretaria" do edifício II. ....	147
Tabela 6-19: Padrão de ocupação da zona térmica "Sala dos Professores" do edifício II. ....	148

Tabela 6-20: Cargas internas das zonas térmicas do Edifício II.....	149
Tabela 6-21: Densidade de potência de iluminação das zonas térmicas do Edifício I. .....	149
Tabela 6-22: Padrão de uso de iluminação da zona térmica "Diretoria" do edifício II. .....	150
Tabela 6-23: Padrão de uso de iluminação da zona térmica "Secretaria" do edifício II. .....	150
Tabela 6-24: Padrão de uso de iluminação da zona térmica "Sala dos Professores" do edifício II.....	151
Tabela 6-25: Padrão de uso de equipamentos da zona térmica "Diretoria" do edifício II. ....	151
Tabela 6-26: Padrão de uso de equipamentos da zona térmica "Secretaria" do edifício II. ....	152
Tabela 6-27: Padrão de uso de equipamentos da zona térmica "Sala dos Professores" do edifício II.....	152
Tabela 6-28: Características dos modelos de aparelho de ar condicionado utilizados nas zonas térmicas condicionadas do edifício I para obtenção do consumo base. .....	153
Tabela 6-29: Padrão de uso do ar-condicionado na zona térmica "Diretoria" do edifício II. ....	153
Tabela 6-30: Padrão de uso do ar-condicionado na zona térmica "Secretaria" do edifício II.....	154
Tabela 6-31: Padrão de uso do ar-condicionado na zona térmica "Sala dos Professores" do edifício II.....	154
Tabela 6-32: Composição SINAPI 88492 - Aplicação mecânica de pintura com tinta latex acrílica em teto, duas demãos.....	155
Tabela 6-33: Composição SINAPI 92565 - Fabricação e instalação de estrutura pontaletada de madeira não aparelhada para telhados com até 2 águas e para telha cerâmica ou de concreto, incluso transporte vertical. ....	155
Tabela 6-34: Composição SINAPI 92541 - Trama de madeira composta por ripas, caibros e terças para telhados de até 2 águas para telha cerâmica capa-canal, incluso transporte vertical.....	155
Tabela 6-35: Composição SINAPI 94201 - Telhamento com telha cerâmica capa- canal, tipo colonial, com até 2 águas, incluso transporte vertical.....	156

Tabela 6-36: Composição SINAPI 94221 - Cumeeira para telha cerâmica emboçada com argamassa traço 1:2:9 (cimento, cal e areia) para telhados com até 2 águas, incluso transporte vertical.....	156
Tabela 6-37: Composição SINAPI 94216 - Telhamento com telha metálica termoacústica e = 30 mm, com até 2 águas, incluso içamento. ....	156
Tabela 6-38: Composição SINAPI 94213 - Telhamento com telha de aço/alumínio e = 0,5 mm, com até 2 águas, incluso içamento. ....	157
Tabela 6-39: Composição SINAPI 75220 - Cumeeira em perfil ondulado de alumínio. ....	157
Tabela 6-40: Composição SINAPI 90406 - Massa única, para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400l, aplicada manualmente em teto, espessura de 20mm, com execução de taliscas. ....	157
Tabela 6-41: Composição SINAPI 88496 - Aplicação e lixamento de massa látex em teto, duas demãos.....	157
Tabela 6-42: Composição SINAPI 88486 - Aplicação manual de pintura com tinta látex PVA em teto, duas demãos.....	158
Tabela 6-43: Composição SINAPI 73882/1 - Calha em concreto simples, em meia cana, diâmetro 200 mm.....	158
Tabela 6-44: Composição SINAPI 92557 - Fabricação e instalação de tesoura inteira em madeira não aparelhada, vão de 5 m, para telha ondulada de fibrocimento, metálica, plástica ou termoacústica, incluso içamento. ....	158
Tabela 6-45: Composição SINAPI 96113 - Forro em placas de gesso, para ambientes comerciais. ....	159
Tabela 6-46: Composição SINAPI 94229 - Calha em chapa de aço galvanizado número 24, desenvolvimento de 100 cm, incluso transporte vertical. ....	159
Tabela 6-47: Composição SINAPI 94228 - Calha em chapa de aço galvanizado número 24, desenvolvimento de 50 cm, incluso transporte vertical. ....	159
Tabela 6-48: Composição SINAPI 72110 - Estrutura metálica em tesouras ou treliças, vão livre de 12m, fornecimento e montagem, não sendo considerados os fechamentos metálicos, as colunas, os serviços gerais em alvenaria e concreto, as telhas de cobertura e a pintura de acabamento. ....	160
Tabela 6-49: Composição SINAPI 95468 - Pintura esmalte brilhante (2 demãos) sobre superfície metálica, inclusive proteção com zarcão (1 demão). ....	160

Tabela 6-50: Composição SINAPI 74202/2 - Laje pré-moldada p/piso, sobrecarga 200kg/m <sup>2</sup> , vãos até 3,50m/e=8cm, c/lajotas e cap.c/conc fck=20 MPA, 4cm, inter-eixo 38cm, c/escoramento (reapr.3x) e ferragem negativa. ....	160
Tabela 6-51: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “a - Telha cerâmica colonial com forro de gesso” no edifício I em relação ao caso base. ....	161
Tabela 6-52: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “b - Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada” no edifício I em relação ao caso base. ....	162
Tabela 6-53: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “c - Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso” no edifício I em relação ao caso base. ....	163
Tabela 6-54: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “d - Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada” no edifício I em relação ao caso base. ....	164
Tabela 6-55: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “e - Telha metálica trapezoidal com forro de gesso” no edifício I em relação ao caso base. ....	165
Tabela 6-56: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “f - Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso” no edifício I em relação ao caso base. ....	166
Tabela 6-57: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “g - Vidro refletivo” no edifício I em relação ao caso base. ....	167
Tabela 6-58: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “h - Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado” no edifício I em relação ao caso base. ....	168
Tabela 6-59: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “a - Telha cerâmica colonial com forro de gesso” no edifício II em relação ao caso base. ....	169
Tabela 6-60: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “b - Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada” no edifício II em relação ao caso base. ....	170
Tabela 6-61: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “c - Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso” no edifício II em relação ao caso base. ....	171
Tabela 6-62: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “d - Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada” no edifício II em relação ao caso base. ....	172
Tabela 6-63: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “e - Telha metálica trapezoidal com forro de gesso” no edifício II em relação ao caso base. ....	173
Tabela 6-64: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “f - Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso” no edifício II em relação ao caso base. ....	174



Tabela 6-65: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “g - Vidro refletivo” no edifício II em relação ao caso base. ....	175
Tabela 6-66: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “h - Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado” no edifício II em relação ao caso base. ....	176
Tabela 6-67: Fluxo de caixa do caso base do edifício I em relação ao caso de maior consumo anual. ....	177
Tabela 6-68: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “b - Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada” no edifício I em relação ao caso de maior consumo anual. ....	178
Tabela 6-69: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “c - Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso” no edifício I em relação ao caso de maior consumo anual. ....	179
Tabela 6-70: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “d - Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada” no edifício I em relação ao caso de maior consumo anual. ....	180
Tabela 6-71: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “e - Telha metálica trapezoidal com forro de gesso” no edifício I em relação ao caso de maior consumo anual. ....	181
Tabela 6-72: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “f - Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso” no edifício I em relação ao caso de maior consumo anual. ....	182
Tabela 6-73: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “g - Vidro refletivo” no edifício I em relação ao caso de maior consumo anual. ....	183
Tabela 6-74: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “h - Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado” no edifício I em relação ao caso de maior consumo anual. ....	184
Tabela 6-75: Fluxo de caixa do caso base do edifício II em relação ao caso de maior consumo anual. ....	185
Tabela 6-76: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “b - Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada” no edifício II em relação ao caso de maior consumo anual. ....	186
Tabela 6-77: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “c - Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso” no edifício II em relação ao caso de maior consumo anual. ....	187

Tabela 6-78: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “d - Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada” no edifício II em relação ao caso de maior consumo anual. ....	188
Tabela 6-79: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “e - Telha metálica trapezoidal com forro de gesso” no edifício II em relação ao caso de maior consumo anual. .	189
Tabela 6-80: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “f - Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso” no edifício II em relação ao caso de maior consumo anual. ....	190
Tabela 6-81: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “g - Vidro refletivo” no edifício II em relação ao caso de maior consumo anual.....	191
Tabela 6-82: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “h - Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado” no edifício II em relação ao caso de maior consumo anual.....	192

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers

BDI - Benefícios e Despesas Indiretas

CMEI - Centro Municipal de Educação Infantil

CEF – Caixa Econômica Federal

DOU – Diário Oficial da União

ENCE - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

EPW - Energyplus Weather Data

FCS – Fator de Calor Solar

FGV – Fundação Getúlio Vargas

FNDE – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação

INCC - Índice Nacional da Construção Civil

IGP-M - Índice Geral de Preços - Mercado

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

MPOG - Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão

PIB – Produto Interno Bruto

PBE-EDIFICA – Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PROINFÂNCIA - Programa Nacional de Reestruturação e Aquisição de Equipamentos para a Rede Escolar Pública de Educação Infantil

RTQ-C - Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas

RTQ-R - Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

TIR – Taxa Interna de Retorno

VPL – Valor Presente Líquido

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	Justificativa	21
1.2	Estrutura da dissertação	22
2	REFERENCIAL TEÓRICO	24
2.1	Estratégias para eficiência energética de edificações no clima de Natal-RN	24
2.2	Avaliação de investimento em eficiência energética	38
2.3	Considerações finais	45
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	47
3.1	Simulações	48
3.2	Etapa 1: Definição e Caracterização do Objeto de Estudo	49
3.2.1	O Projeto Tipo B – PROINFÂNCIA/FNDE	51
3.3	Etapa 2: Avaliação do caso base	55
3.3.1	Modelagem do Caso base	55
3.3.2	Modelagem para etiquetagem parcial da envoltória (PROCEL – RTQ-C)	57
3.3.3	Análise das cargas térmicas e consumo energético simulado	62
3.3.4	Nível de eficiência energética da Envoltória (PROCEL – RTQ-C)	62
3.4	Etapa 3: Implantação das alternativas construtivas	63
3.4.1	Definição das alternativas construtivas a serem testadas	63
3.5	Etapa 4: Análises Econômicas	69
4	ANÁLISES E RESULTADOS	75
4.1	Avaliação inicial do caso base	75
4.1.1	Edifício I	75
4.1.2	Edifício II	84
4.2	Impactos da Aplicação das Estratégias Construtivas no Consumo Energético Simulado	91
4.3	Impactos da Aplicação das Estratégias Construtivas no Desempenho Energético da Envoltória Projetada	97
4.4	Impactos Econômicos da aplicação das Estratégias Construtivas	100
4.4.1	Custos e Benefícios em relação ao caso base	101
4.4.1.1	Alternativa “a”: Telha cerâmica colonial com forro de gesso ( $U=2,15 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ e $\alpha=0,80$ )	101

4.4.1.2 Alternativa “b”: Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada ( $U= 1,89 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ e $\alpha= 0,20$ ) -----	102
4.4.1.3 Alternativa “c”: Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso ( $U= 2,15 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ e $\alpha = 0,20$ ) -----	103
4.4.1.4 Alternativa “d”: Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada ( $U= 1,09 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ e $\alpha=0,25$ ) -----	105
4.4.1.5 Alternativa “e”: Telha metálica trapezoidal com forro de gesso ( $U= 1,17 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ e $\alpha=0,25$ )-----	106
4.4.1.6 Alternativa “f”: Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso ( $U=0,5 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ e $\alpha = 0,22$ ) -----	108
4.4.1.7 Alternativa “g”: Vidro refletivo -----	110
4.4.1.8 Alternativa “h”: Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado-----	111
4.4.2 Análises de Viabilidade Econômica -----	112
4.5 Convergências e divergências -----	118
5 CONCLUSÕES -----	124
5.1 Limitações do trabalho e estudos futuros-----	127
REFERÊNCIAS -----	129
6 APÊNDICES -----	134
6.1 Apêndice 1. Dados do edifício I obtidos dos projetos ou coletados do CMEI Fernanda Jales. -----	134
6.2 Apêndice 2. Dados do edifício II obtidos dos projetos ou coletados do CMEI Fernanda Jales. -----	146
6.3 Apêndice 3. Orçamentos e composições de custos unitários de serviços.--	155
6.4 Apêndice 4. Fluxos de caixa da aplicação das estratégias no edifício I em relação ao caso base. -----	161
6.5 Apêndice 5. Fluxos de caixa da aplicação das estratégias no edifício II em relação ao caso base. -----	169
6.6 Apêndice 6. Fluxos de caixa da aplicação das estratégias no edifício I em relação ao caso de maior consumo anual.-----	177
6.7 Apêndice 7. Fluxos de caixa da aplicação das estratégias no edifício II em relação ao caso de maior consumo anual.-----	185

# 1 INTRODUÇÃO

As edificações têm uma destacada participação no consumo total de energia elétrica do Brasil. Segundo dados do PROCEL (2015), as edificações das classes residencial, comercial, serviços e do poder público representam cerca de 50% do consumo, sendo a maior parte devido aos sistemas mecânicos de climatização utilizados para reduzir os efeitos da carga térmica.

Estima-se que o potencial de conservação de energia em prédios novos pode atingir 50% (PROCEL, 2015). Diversos estudos realizados para o clima de Natal-RN reforçam esse dado e têm demonstrando um vasto potencial de redução do consumo energético em edifícios, além de identificar a significativa influência das características arquitetônicas ou construtivas do edifício. (LIMA, 2007a; SIMAS, 2009; RODRIGUES, 2014)

Nesse contexto, a escolha adequada de soluções construtivas que visem à eficiência energética das edificações é fundamental para o desenvolvimento de uma arquitetura consciente e sobretudo atenta aos aspectos ambientais.

Regulamentos e leis que permitem avaliar o desempenho energético de edificações são excelentes ferramentas para que se consiga alcançar todo o potencial de economia de energia das edificações.

O Brasil tem desenvolvido normas sobre o tema, onde se destacam os Regulamentos de Etiquetagem de Edificações (BRASIL, 2010). Desde sua criação, a etiquetagem vem se apresentando como voluntária, entretanto, com a Instrução Normativa MPOG/SLTI nº 2, de 4 de junho de 2014 - DOU de 05/06/2014 (BRASIL, 2014), "Os projetos de edificações públicas federais novas devem ser desenvolvidos ou contratados visando, obrigatoriamente, à obtenção da ENCE Geral de Projeto classe "A".", conforme Capítulo III, DAS EDIFICAÇÕES NOVAS E RETROFITS.

A etiquetagem possibilita o conhecimento da classe de eficiência energética das edificações através da determinação da eficiência de três sistemas, Envoltória, Iluminação e Condicionamento de ar, dentre os quais o sistema da envoltória apresenta o maior peso.

Apesar de todos os benefícios e rigor do processo de etiquetagem, constata-se uma lacuna nesses regulamentos em relação aos aspectos financeiros. Em se tratando do sistema de envoltória, não se estabelecem critérios sobre a verificação da viabilidade econômica ou mesmo acerca da melhor escolha entre

alternativas construtivas ou projetuais disponíveis. Assim, pode haver um cenário em que se obtenha um excelente nível de eficiência energética, porém, mediante a implantação de uma solução arquitetônica cujo investimento seja bem superior aos benefícios gerados com a economia de energia. Ou seja, tais situações podem levar a escolhas equivocadas que, de uma forma mais global, estariam em descompasso com a própria essência do conceito de eficiência.

De fato, custo é um fator chave em qualquer processo de tomada de decisão durante o projeto e construção de edificações.

Da mesma forma, as soluções mais adequadas podem não ser necessariamente aquelas que apresentam o maior potencial de redução do consumo de energia. É também importante que atendam aos regulamentos impostos, bem como que haja critérios econômicos respaldando as escolhas.

Uma análise conjunta de todos esses aspectos pode revelar uma forma de classificação mais adequada e abrangente acerca das melhores soluções construtivas.

Nesse contexto, o objetivo dessa dissertação é analisar a implantação de alternativas construtivas em um projeto de uma obra pública (edificação) no clima de Natal/RN a partir da comparação dos seus impactos econômicos e desempenho energético.

Os objetivos específicos são:

- Analisar comparativamente os impactos da aplicação das soluções construtivas no consumo energético para resfriamento da edificação projetada;
- Analisar comparativamente, com base no método de simulação do RTQ-C, a influência das soluções construtivas no desempenho energético da envoltória projetada;
- Verificar a viabilidade econômica da aplicação das soluções construtivas na edificação projetada;

## **1.1 JUSTIFICATIVA**

O desempenho da edificação quanto ao projeto arquitetônico ganhou ainda mais importância com a recente obrigatoriedade das normas e regulamentos brasileiros. Essa pesquisa contribui para a adequação e melhoramento dos métodos,

em especial do RTQ-C, ao analisar aspectos econômicos que ainda não são considerados nos critérios estabelecidos pelo PROCEL. Nessa mesma direção, o estudo também proporciona uma perspectiva mais abrangente acerca dos parâmetros que devem envolver as decisões projetuais.

Diversos estudos identificaram grandes potenciais de redução de consumo energético em edificações, quando se considera a eficiência energética desde a fase de projeto (PEDRINI, 2003; LIMA, 2007b; SIMAS, 2009; RODRIGUES, 2014). Os resultados dessas pesquisas indicam uma enorme economia para os cofres públicos, caso as obras públicas estejam sendo construídas a partir de um projeto adequado ao clima e que vise à eficiência energética. No entanto, o contrário pode estar ocorrendo. Nessas circunstâncias, edificações públicas energeticamente ineficientes podem estar gerando um dano ao erário de igual magnitude por consumirem energia elétrica desnecessariamente.

Assim, as análises econômicas desenvolvidas podem se apresentar como um caminho viável para identificar e converter em valores pecuniários eventuais deficiências no desempenho energético de prédios já construídos. Nesse mesmo sentido, a pesquisa também contribui para iniciar as discussões acerca da necessidade de elaboração de um método de fiscalização e auditoria de obras públicas que considere o desempenho térmico e energético de edificações, o que não é atualmente considerado nessas atividades.

## **1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

A dissertação está estruturada em cinco capítulos, cujo primeiro é a introdução. O capítulo 2 é referente à discussão teórica, que respalda a escolha das alternativas construtivas testadas e sobretudo os procedimentos metodológicos inerentes às análises econômicas. O capítulo está dividido em duas partes, onde são discutidas estratégias para eficiência energética de edificações no clima de Natal-RN e métodos de avaliação de investimento em eficiência energética.

O capítulo 3 aborda a descrição dos procedimentos metodológicos da pesquisa. Além da definição e caracterização do objeto de estudo, são apresentadas as características dos modelos simulados, os parâmetros de simulação e a sistemática de análise dos resultados.



O capítulo 4 apresenta os resultados obtidos nas simulações e os impactos da implantação das alternativas em cada edificação analisada e em relação a três aspectos: redução do consumo de energia para resfriamento, nível de eficiência energética do RTQ-C e viabilidade econômica. Neste capítulo as convergências e divergências entre as alternativas testadas e os enfoques citados são também discutidas. Por fim, o capítulo 5 traz as conclusões, onde também são mencionadas as limitações do trabalho e sugeridas abordagens para pesquisas futuras.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

A fundamentação teórica está concentrada em dois temas. Primeiramente, são apresentadas estratégias para eficiência energética de edificações no clima de Natal-RN. Discutir-se-ão estudos quantitativos e qualitativos que analisam a eficácia da aplicação de diversas soluções, com o objetivo de identificar aquelas alternativas construtivas mais relevantes e recorrentes que possam servir de base para a escolha daquelas que serão avaliadas no contexto da pesquisa. No segundo ponto, abordam-se os métodos de avaliação econômica no contexto da eficiência energética, a fim de verificar o mais adequado para os fins deste estudo e respaldar os procedimentos metodológicos relacionados.

### **2.1 ESTRATÉGIAS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES NO CLIMA DE NATAL-RN**

A eficiência energética de edificações, em última análise, está intimamente relacionada com a produção de uma arquitetura atenta ao clima local. Em regiões de baixas latitudes, como é o caso do Nordeste do Brasil, a maior parte da carga térmica no interior das edificações é decorrente da insolação e quando a condição de conforto não é atingida, dispositivos mecânicos de alto consumo energético são utilizados para obtê-la. Portanto, a redução de carga térmica nas edificações nessa região reflete direta e fortemente no consumo de energia.

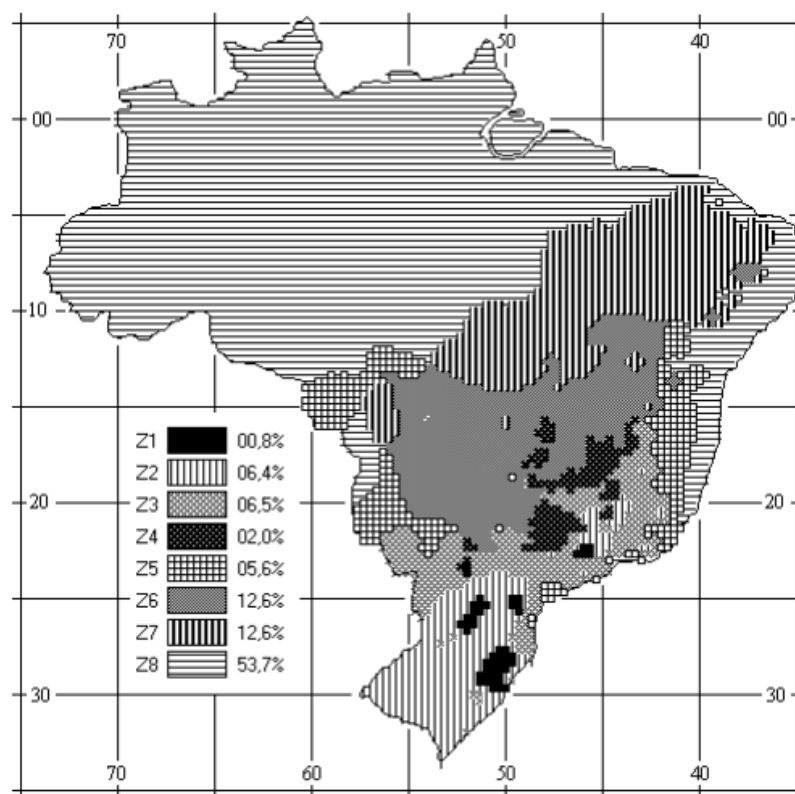
O aumento do consumo de energia verificado pelo uso de ar condicionado e em prol de espaços mais confortáveis se justifica, mas é exacerbado por conta de uma arquitetura inadequada, que não estaria seguindo os princípios de projeto de edifícios sustentáveis. (BUTERA, ADHIKARI e ASTE, 2015)

Nesse sentido, o estado da arte atual tem origem com os irmãos Olgyay na metade do século passado, que podem ser considerados os precursores da Arquitetura Bioclimática. Aquela perspectiva passou por diversas leituras arquitetônicas como a de Holanda (1976) que trata de um guia basilar de arquitetura bioclimática para o nordeste brasileiro. Da mesma forma, Givoni também contribuiu bastante e foi fundamental para a evolução do conhecimento e das tecnologias atuais. Produziu-se em 1992 uma carta bioclimática adaptada para países em desenvolvimento que foi base para o desenvolvimento de diversos estudos e normas no Brasil, como a NBR 15.220 (ABNT, 2005). Esta norma, além de tratar do

zoneamento bioclimático brasileiro, trouxe recomendações projetuais e estratégias bioclimáticas destinadas a habitações unifamiliares de interesse social que integram o contexto dessa pesquisa.

Conforme se observa na Figura 2-1, são definidas 8 zonas climáticas. Parte do território do Rio Grande do Norte está inserido na zona bioclimática 7 (regiões de clima semiárido) e outra parte na zona bioclimática 8 (regiões de clima quente e úmido), na qual está a cidade de Natal-RN.

**Figura 2-1: Zoneamento bioclimático brasileiro.**



Fonte: ABNT (2005)

Quanto às recomendações projetuais para a cidade de Natal-RN (zona bioclimática 8), consta ventilação cruzada permanente para condicionamento passivo da edificação, além de aberturas com grandes áreas para possibilitar essa ventilação, e que sejam sombreadas. Além disso, as paredes e coberturas devem ser leves e refletoras.

Essas recomendações indicadas na norma foi estudada por Pacheco (2016). Por meio de simulação computacional, Pacheco (2016) avaliou e comparou o desempenho térmico de três tipos de projeto de habitações de interesse social (alongado, compacto e ramificado) não condicionadas, combinando quatro soluções

arquitetônicas bioclimáticas previstas na norma NBR-15220: ventilação natural, sombreamento das aberturas, massa térmica e fator de calor solar (FCS).

Para a região do clima quente e úmido, mais especificamente na cidade de Natal-RN, seus resultados evidenciaram que as combinações que possuíam ventilação natural e FCS baixo resultaram em melhor desempenho térmico, destacando uma maior influência para FCS baixo quando comparado com as demais soluções testadas. Ressalte-se ainda que a adoção de FCS baixo se apresentou como a recomendação projetual de maior impacto positivo tanto nas combinações em que se previa ventilação natural, como naquelas sem ventilação natural.

A redução do FCS das vedações pode se dar através de três caminhos: clareamento da superfície externa, como utilização de pinturas ou revestimentos claros; aumento da resistência térmica das vedações, como inserção de camadas de materiais isolantes ou aumento da espessura das camadas com materiais que conduzem pouco calor; ou através do sombreamento das superfícies externas, como por meio de elementos arquitetônicos ou de paisagismos. (PACHECO, 2016)

Outros estudos, como o de Simas (2009), também constataram a forte influência de um FCS baixo no desempenho térmico e energético de edificações em regiões de clima quente e úmido.

Simas (2009) utilizou o consumo energético para avaliar e comparar o desempenho de 16 (dezesseis) sistemas de cobertura. Por meio de simulações computacionais, cada uma dessas cobertas foi testada em uma edificação base condicionada para o clima de Natal-RN. A máxima energia economizada, 14% em relação ao caso base, se deu com telhas de fibrocimento ondulada  $e=8\text{mm}$  e com telha metálica ondulada em aço galvanizado  $e=0,65\text{mm}$ , ambas associadas a forro de gesso e **pintadas na cor branca**, cuja absorvância considerada era de 0,20. As transmitâncias desses sistemas eram respectivamente  $2,0 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$  e  $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

Simas (2009) também analisou a relação custo-benefício dos 16 (dezesseis) sistemas de cobertura. Destacamos de seu trabalho as 5 melhores alternativas: telha de fibrocimento pintada de branco com forro de gesso, telha de fibrocimento com forro de PVC, telha de fibrocimento com forro de gesso e isolante térmico junto às telhas, telha metálica com forro de gesso e telha de fibrocimento com forro de gesso e isolante térmico junto ao forro (Tabela 2-1).

**Tabela 2-1: Relação custo-benefício dos 5 melhores sistemas de cobertura para o clima de Natal-RN do estudo de Simas (2009).**

Sistema de Coberta	RCB
Caso Base	
Telha de fibrocimento ondulada e=8mm clara	0,0961
Forro de PVC	0,1976
Isolante térmico na telha	0,2563
Telha metálica ondulada em aço galvanizado e=0,65mm	0,2714
Isolante térmico na forro	0,3569

Fonte: Simas (2009)

No tocante às telhas termoacústicas (telhas “sanduíche”), Simas (2009) ressalta que não seriam as mais adequadas para o clima de Natal/RN, pois, apesar de terem provocado economia de energia, a relação custo-benefício era desfavorável para quase todos os tipos e que a única exceção, telha com poliuretano expandido sem forro, apresentava ainda um benefício pequeno em relação ao seu custo quando comparado com outros sistemas analisados (Tabela 2-1 e Tabela 2-2).

**Tabela 2-2: Sistemas com telhas termoacústicas testadas no estudo de Simas (2009).**

SISTEMA DE COBERTURA	TRANSMITÂNCIA (U) - W/(m <sup>2</sup> .K)	ABSORTÂNCIA (%)	Diferença % de energia economizada	Relação Custo- Benefício
Telha sanduíche de poliuretano expandido	0,5	25	10	1,2892
Telha sanduíche de poliestireno expandido	0,6	25	10	1,318
Telha sanduíche de poliuretano expandido sem forro	0,8	25	13	0,7858
Telha sanduíche de poliestireno expandido sem forro	0,9	25	8	1,2816

Fonte: Simas (2009)

Ressalte-se, oportunamente, que os resultados econômico-financeiros apresentados por Simas (2009) foram obtidos a partir de uma edificação básica (galpão pré-moldado de concreto e alvenaria de tijolos, cobertura com telhas de fibrocimento e forro de gesso). A pesquisa também é relativamente antiga e foi realizada numa época de grande atividade do mercado da construção civil local, em que os custos dos materiais e de mão de obra estavam em patamares elevados. Nesse contexto, é provável que os resultados em questão não mais representem a realidade atual de recessão/estabilização do mercado.

Outra constatação de Simas (2009) foi a de que, quanto menor o valor da absorvância, menor é a influência da transmitância no consumo total de energia. Da mesma forma, quanto menor a transmitância, menor é a influência da absorvância no consumo. Nesse contexto, a autora destaca que a baixa absorvância, obtida por meio

de cores claras, é uma maneira eficaz de reduzir o consumo de energia, o que vai ao encontro dos resultados obtidos por Pacheco (2016) em relação a forte influência de um FCS baixo no desempenho térmico de edificações.

Os estudos de Pacheco (2016) e Simas (2009) também confirmam o pré-requisito apontado por Butera, Adhikari e Aste (2015) para um projeto sustentável em relação a telhados em climas tropicais: a utilização de superfícies altamente refletivas, a fim de minimizar a quantidade de energia solar absorvida. Folhas de metal polido e acabamento com cores claras seriam as soluções tecnológicas mais comuns. Como alternativa econômica, Butera, Adhikari e Aste (2015) sugerem ainda a aplicação anual de uma camada de cal no telhado.

O efeito das cores também foi objeto de estudo de Cheng, Ng e Givoni (2005), em que concluíram que o uso de cores claras é um meio simples, efetivo e econômico de reduzir temperatura interna de um ambiente no clima quente e úmido de Hong Kong. No experimento da pesquisa, foram utilizadas duas células de dimensões 1,5m x 1,5m x 1,5m, sendo uma de cor branca e outra de cor preta. Constatou-se que a temperatura interna poderia ser até dez vezes maior na célula preta do que na branca. Já com relação à utilização de massa térmica como estratégia de redução de temperatura interna, os autores identificaram que nem sempre ela é benéfica, pois dependeria de fatores como o modo de operação e o padrão de ocupação do ambiente.

Vale ressaltar que a busca por um FCS baixo não deve ser irrestrita como defendido por Pacheco (2016). Os resultados encontrados por Lima (2007a) demonstraram, que, se os ganhos térmicos pelas paredes e aberturas forem altos, seria recomendável transmitâncias térmicas altas na cobertura, com o intuito de facilitar a perda desse calor, o que vai de encontro à busca de um FCS baixo de forma incondicional.

No seu estudo, Lima (2007a) buscou identificar as decisões projetuais que mais influenciariam o consumo energético em hotéis na cidade de Natal/RN por meio de simulações computacionais de modelo base condicionado a partir do qual foram testados as seguintes variáveis: dois tipos de ar-condicionado (eficiência energética baixa e alta, respectivamente, 1,99 e 3,06 kW/kW), três tipos de orientação (azimutes de 0°, 51° e 90°), dois valores de transmitância térmica para a cobertura (0,4 e 3,6 W/(m².K)), dois valores de absorptância para a cobertura (0,20 e 0,70), dois valores de absorptância para as paredes (0,20 e 0,80), dois valores para fração de abertura de

paredes (26% e 72%), dois tipos de vidro (fator solar de 0,31 e 0,81), dois percentuais de sombreamento para cada orientação considerada (azimute de 0° - 0% e 80%, azimute de 51° - 0% e 78% e azimute de 90° - 0% e 55%).

A maior parte das 384 combinações simuladas daquele estudo representou uma melhora na faixa de 10% a 59% no consumo energético.

Para cada uma das 3 orientações consideradas no estudo (azimutes de 0°, 51° e 90°), Lima (2007a) analisou também a influência de cada variável quando adotadas isoladamente e quando aplicadas de forma combinada com uma ou outras duas variáveis

Alterando uma única variável isoladamente, constatou-se que o uso de sombreamento, fração de abertura menor, e vidro com alto desempenho foram as variáveis que apresentaram as maiores reduções do consumo para todas as três orientações consideradas.

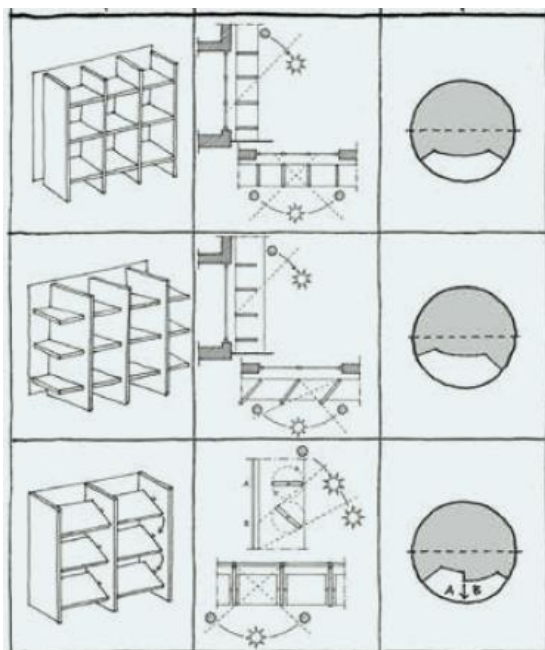
Combinando duas variáveis de uma só vez, evidenciou-se que o sombreamento associado a uma cobertura com baixa transmitância ou absorptância seriam as combinações de maior impacto no consumo energético para a orientação de 90°. Essas mesmas combinações também tiveram relevante influência na redução do consumo na orientação com azimute de 51°, porém, para essa orientação e para a de azimute 0°, a maior redução se deu com o uso de vidro com fator solar baixo associado também a coberturas com transmitância ou absorptância baixas.

Modificando-se três variáveis simultaneamente, a melhor situação em todas as orientações ocorreu com o uso do sombreamento, absorptância baixa na coberta e vidro com baixo fator solar.

Lima (2007a) deduz que o sombreamento foi uma das principais estratégias para reduzir o consumo de energia e, nesse mesmo sentido, Butera, Adhikari e Aste (2015) argumentam que aproximadamente 40% do calor indesejado que se acumula em uma edificação entra através das janelas, sendo sua proteção contra o sol, portanto, imperativa.

Butera, Adhikari e Aste (2015) apontam que, para regiões próximas ao equador, o sombreamento horizontal de janelas nas fachadas norte e sul é o tipo mais eficaz de sombreamento, em face da posição elevada do sol. Já para janelas nas fachadas leste e oeste, estruturas de sombreamento do tipo “caixa de ovo”, que mesclam sombreamento horizontal e vertical, seria a mais apropriada para essas edificações na região dos trópicos (Figura 2-2).

**Figura 2-2: Estruturas de sombreamento tipo “caixa de ovo” eficazes para aberturas nas fachadas leste e oeste de edificações em regiões de baixa latitude.**



Fonte: Butera, Adhikari e Aste (2015)

A fim de analisar o comportamento dos diversos tipos de sombreamento em relação à economia de energia para resfriamento, Lau *et al.* (2016) realizaram simulações computacionais em uma edificação base, qual seja, um arranha-céu condicionado situado no clima quente e úmido da Malásia. Evidenciou-se que a estrutura de sombreamento do tipo “caixa de ovo” seria a mais indicada não somente para as fachadas voltadas para leste e oeste, mas também para as demais orientações.

Inicialmente, os três tipos de sombreamento (vertical, horizontal e “caixa de ovo”) foram aplicados isoladamente em cada uma das quatro orientações de fachada. Em relação ao consumo de energia para resfriamento do edifício base (que não possuía sombreamento), a estrutura do tipo “caixa de ovo” promoveu os maiores percentuais anuais de economia de energia para resfriamento em todas as orientações de fachada em que foi aplicado (aproximadamente 3,4 % quando aplicado nas fachadas leste e oeste e 2,6 % quando aplicado nas fachadas norte e sul).

Lau *et al.* (2016) também analisaram o comportamento das estruturas de sombreamento quando aplicadas conjuntamente em todas as fachadas da edificação base. Em relação ao consumo de energia para resfriamento do caso base, constatou-se uma economia de 5,0% quando aplicado o sombreamento horizontal, 7,4% quando aplicado o sombreamento vertical e 9,9% quando aplicada a estrutura



de sombreamento do tipo “caixa de ovo”, confirmando mais uma vez o seu melhor desempenho.

Freewan (2014) também revela resultados melhores para dispositivos de sombreamento do tipo caixa de ovo e aletas diagonais ao se analisar os impactos de 3 tipos de sombreamento aplicados em escritórios não condicionados da fachada sudoeste de um prédio da Universidade de Ciência e Tecnologia da Jordânia, sob os seguintes aspectos: temperatura do ar, ambiente visual e interação dos usuários. No caso base, após 12 p.m., as áreas não sombreadas aumentavam rapidamente. Ficou evidenciado que o caso base recebia mais radiação solar direta durante toda a tarde entre março e dezembro. Dispositivos verticais de sombreamento funcionavam bem de 12 a 1 p.m., mas permitiam que mais radiação atingisse as superfícies internas depois de 2 p.m. Ficou evidenciado também que dispositivos de sombreamento do tipo caixa de ovo funcionavam bem antes de 4 p.m., especialmente em março e junho, mas permitiam alguma radiação após às 4 p.m. As aletas verticais ajudaram a bloquear a maior parte da radiação solar entre março e dezembro e permitiam que menos radiação solar atingisse o espaço interno depois das 4 p.m. em junho.

A cor e o material da estrutura de sombreamento também são cruciais. É recomendável cores claras se se deseja que a radiação difusa seja transmitida, pois cores escuras a bloqueariam. Com relação aos materiais, estes devem possuir alta resistência térmica para evitar o acúmulo de calor e a consequente transmissão para o interior da edificação. (BUTERA, ADHIKARI e ASTE, 2015)

Guo e Wei (2016) também observaram a eficácia dessa estratégia de sombreamento das aberturas como medida voltada para a eficiência energética. Os autores investigaram por meio de simulações computacionais os potenciais de economia de energia de um prédio condicionado de múltiplos pavimentos da Universidade de Taiwan, na cidade de Taipei, promovendo ajustes na sua envoltória. Taiwan se situa em uma região de baixa latitude e o clima do local descrito pelos autores é chuvoso, quente e úmido no verão, semelhante de certa maneira ao clima em Natal-RN, local do objeto da presente pesquisa. Ao substituir somente o sombreamento horizontal por um sombreamento gradeado, obteve-se uma economia de energia de até 7.000 kWh ou 0,71 kWh/m<sup>2</sup> ao longo de um ano.

O trabalho de Guo e Wei (2016) também revelou outros pontos importantes relacionados a materiais e estratégias voltadas para a eficiência energética de edificações. Sem levar em consideração aspectos econômicos, os resultados

apresentados evidenciaram que a seguinte combinação apresentava a maior redução do consumo de energia do prédio: nas paredes externas, chapas de alumínio (6 mm), associadas a uma camada de lã mineral (20 mm) e uma de silicato de cálcio (25 mm), resultando em uma transmitância térmica de 1,251 ( $\text{W/m}^2 \text{ K}$ ); na cobertura, chapa de aço (2,3 mm), associada a camadas de manta asfáltica (1,5 mm), Poliestireno (75 mm), lã mineral à prova de fogo (3 mm), de ar e de chapa de fibra mineral (12 mm), resultando em uma transmitância térmica de 0,308 ( $\text{W/m}^2 \text{ K}$ ) e sombreamento com largura de 1,0 m, gradeado.

No entanto, tal combinação não demonstrou ser viável economicamente. De um total de 27 combinações analisadas, somente 8 (oito) demonstraram tal viabilidade, sendo a mais vantajosa a seguinte combinação: nas paredes externas, tijolos (23 mm), revestidos com cerâmica (10 mm) e duas camadas de argamassa (15 mm e 10 mm, respectivamente), resultando em uma transmitância térmica de 2,144 ( $\text{W/m}^2 \text{ K}$ ); na cobertura, chapa de aço (1,5 mm), associada a camadas de Poliuretano (2 mm), de concreto (100 mm), de ar, de lã mineral (2 mm), lã acústica mineral (15 mm), resultando em uma transmitância térmica de 0,94 ( $\text{W/m}^2 \text{ K}$ ) e sombreamento com largura de 0,7 m, gradeado.

Complementarmente, Guo e Wei (2016), tomaram a combinação mais crítica e realizaram um estudo de sensibilidade para verificar o comportamento do balanço econômico em relação a uma variação hipotética no custo unitário dos elementos da envoltória (parede externa, cobertura e sombreamento). Restou evidenciado que o custo unitário das paredes externas era o que mais impactava, bastando um aumento de 1,72% para anular os benefícios, enquanto que para que o mesmo acontecesse com cobertura e sombreamento seria necessária uma variação de 15,21% e 19,99%, respectivamente.

Vale destacar que os resultados se inserem em um contexto em que o caso-base possuía uma vasta área de fachada, bem como já apresentava materiais e instalações voltadas a um bom desempenho energético, como por exemplo, vidros de alto desempenho.

Cabe-nos ressaltar ainda que o papel preponderante da cobertura no conforto térmico e na eficiência energética de edificações, destacado por Holanda (1976) e Butera, Adhikari e Aste (2015), se confirmou no trabalho de Guo e Wei (2016), onde as modificações realizadas na cobertura foram as que representaram os maiores impactos na eficiência energética do prédio sob estudo. A propósito, para a cidade de

Natal/RN, segundo Simas (2009), a radiação solar incidente no plano horizontal (nas coberturas, por exemplo) é o dobro da incidente das fachadas Leste e Oeste e até quatro vezes em relação às fachadas Norte e Sul, o que também vai ao encontro dos estudos citados.

Sobre os elementos de cobertura, Butera, Adhikari e Aste (2015) indicam o telhado duplo como o mais apropriado para o clima tropical em que a camada de fora sombreia a interna e absorve o calor de acordo com sua refletividade que deve ser a mais alta possível. Ressaltam também que esse espaço ventilado entre o telhado e o forro é fundamental para o conforto térmico. Nesse contexto, para manter o resfriamento do telhado, eles devem ser inclinados aos ventos predominantes e qualquer obstrução que impedir o fluxo de ar deve ser evitada. Essa corrente de ar poderia inclusive ser aprimorada aumentando a velocidade do vento por meio de exaustores. De uma forma geral, defendem que os telhados em regiões tropicais quente e úmidas devem ser feitos de materiais leves com baixa capacidade térmica e alta refletividade, além de ventilado e bem isolado.

Butera, Adhikari e Aste (2015) também vai ao encontro das ideias de Holanda (1976) ao estabelecer que a proteção da edificação à radiação solar e maximização da ventilação devem ser as principais medidas a serem adotadas no clima tropical. Além disso, indica-se também a utilização de materiais leves e beirais entre 0,60 m e 1,0 m para promover o sombreamento das paredes e janelas.

Com relação aos materiais utilizados nas paredes, Rattanongphisat e Rordprapat (2014) criticam as edificações construídas nos climas tropicais, mais precisamente na Tailândia, que têm como base concreto ou tijolos, pois provocariam um excesso de calor armazenado nas paredes e a pouca ventilação.

Rattanongphisat *et al.* (2012) simularam o consumo de uma residência de baixo custo na Tailândia com apenas um ambiente condicionado. Constataram que se poderia reduzir o consumo energético em até 28% se fosse utilizado nas paredes concreto aerado ao invés de blocos de concreto.

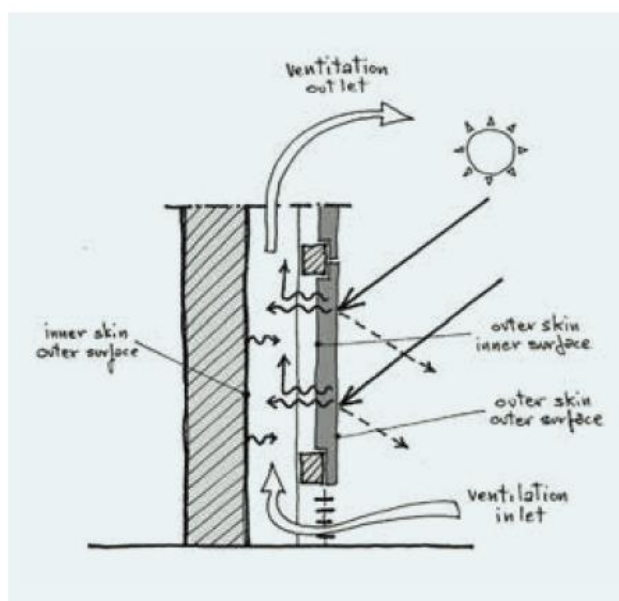
Rehman (2017) construiu 4 edificações cúbicas (3 m x 3 m x 3 m) nos Emirados Árabes e avaliou a influência de 3 tipos de parede na redução do consumo de energia para resfriamento do modelo de referência. O prédio de referência possuía paredes de alvenaria de blocos de concreto rebocadas e os demais edifícios se diferenciavam pelo material aplicado na parede que recebia maior incidência solar. Constatou-se que o edifício com a parede revestida com um material de baixa absorvância ( $\alpha = 0,16$ )

foi capaz de reduzir em 7,6% o consumo de energia de resfriamento. No outro edifício, sobre cuja parede analisada foi aplicado poliisocianurato (PIR) com espessura de 5 cm, verificou-se uma redução de 23%. No último edifício, a parede em questão era totalmente distinta das anteriores e era constituída pelas seguintes camadas: gesso (2.4 cm), lã mineral (10 cm), placa de cimento (0.9 cm) + placa de poliestireno expansível (10 cm). Este sistema foi capaz de reduzir em 25,3% o consumo de energia para resfriamento.

Ainda em relação às paredes da edificação, Butera, Adhikari e Aste (2015) também enfatizam o uso de materiais os mais leves e finos possíveis (madeira, por exemplo) com a mínima capacidade de armazenar calor, pois, em climas quente e úmidos em que a temperatura diurna pouco variaria, a utilização de massa térmica seria desvantajosa, trazendo desconforto térmico à noite.

Butera, Adhikari e Aste (2015) recomendam ainda que as paredes devem ser sombreadas sempre que possível, e ressalta que a carga térmica recebida pelas fachadas leste e oeste são bem maiores que as das fachadas norte e sul, em face do ângulo de incidência solar. Nesse contexto de exposição mais direta ao Sol, os autores recomendam fortemente a aplicação de fachadas dupla ventiladas (Figura 2-3), apesar do seu alto custo, desvantagem também observada por Aguiar (2013). Além dessas recomendações, o uso de materiais isolantes térmicos poderia também ajudar.

**Figura 2-3: Diagrama de uma seção de uma fachada ventilada.**



Fonte: Butera, Adhikari e Aste (2015)

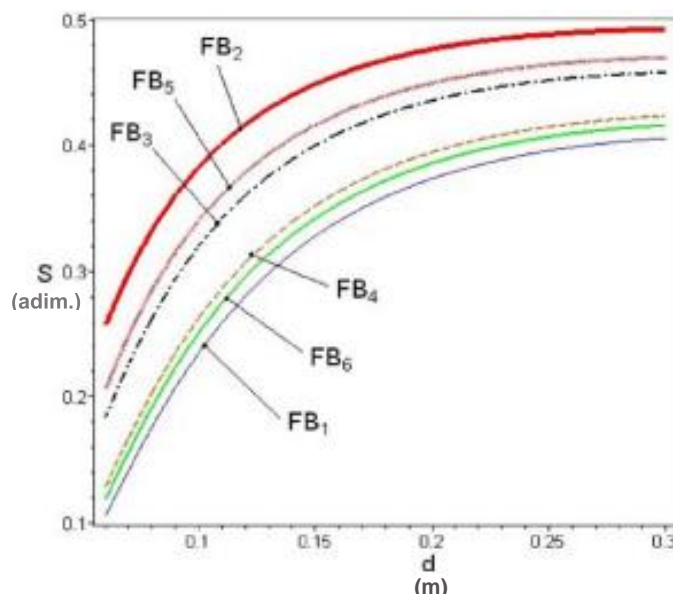
Em geral, as fachadas ventiladas são um sistema formado por placas ou painéis fixados externamente à base suporte do edifício por uma subestrutura auxiliar constituindo-se no revestimento externo ou na vedação vertical exterior de uma edificação, sendo que deve permitir a ventilação permanente do espaço intersticial entre o revestimento e a parede no sentido vertical pelo efeito chaminé (SIQUEIRA JÚNIOR, 2003). Em consequência desse efeito, o ar da cavidade é continuamente renovado e resfria a face do corpo da edificação, que permanece protegida.

Ciamp, Leccese e Tuoni (2003), por meio de um método analítico, estudou a performance energética de fachadas ventiladas no tocante ao resfriamento de edificações. Os pesquisadores mantiveram constantes em seu estudo as condições climáticas (temperatura do ar externa de 28 °C, temperatura do ar interna de 24 °C) e a geometria do duto de ar. Todas as fachadas ventiladas analisadas tinham isolamento térmico de fibra de vidro em painéis rígidos e uma camada interna de alvenaria de 0,25 m de espessura. O que as diferenciava era o material da camada externa.

Revelou-se que o uso de fachadas ventiladas poderia gerar uma redução do fluxo de calor para o interior do ambiente que poderia ultrapassar 40%. Evidenciou-se ainda, além da influência dos materiais da camada externa, que a eficácia das fachadas ventiladas era maior à medida que se aumentava a espessura da camada do duto de ar.

A Figura 2-4 demonstra a redução percentual do fluxo de calor no interior do ambiente em relação à espessura do duto de ar de cada fachada testada por Ciamp, Leccese e Tuoni (2003), as quais se diferenciavam pelos seguintes materiais da camada externa: placas de cobre (FB<sub>1</sub>), tijolos com 0,05 m de espessura (FB<sub>2</sub>), painéis de fibrocimento (FB<sub>3</sub>), cerâmica (FB<sub>4</sub>), tijolos com 0,04 m de espessura (FB<sub>5</sub>) e painéis de poliéster (FB<sub>6</sub>). A fachada ventilada com tijolos de espessura de 0,05 m na camada externa revelou ser a melhor (FB<sub>2</sub>). Para se obter, por exemplo, 35% de redução do fluxo de calor seria necessário um duto de ar de aproximadamente 0,09 m de espessura para a fachada FB<sub>2</sub> enquanto que para a FB<sub>1</sub> a espessura teria que ser de aproximadamente 0,17 m.

**Figura 2-4: Variação do fluxo de calor,  $S$ , com espessura do duto de ar  $d$  (m) de fachadas ventiladas.**



Fonte: Ciamp, Leccese e Tuoni (2003)

Além dos resultados expostos anteriormente, vale ressaltar que, em todos os casos analisados por Ciamp, Leccese e Tuoni (2003), o posicionamento da camada de isolante térmico próxima à alvenaria interna gerou uma economia de energia maior do que quando a mesma foi posicionada próxima à camada mais externa da fachada.

O sistema de fachadas ventiladas, por outro lado, podem apresentar alguns problemas, no tocante principalmente à corrosão das peças de ancoragem, assim como destacamento e quebramentos das peças do revestimento externo (AGUIAR, 2013).

Outro elemento construtivo que está intimamente associado ao desempenho energético de uma edificação é o vidro, pois segundo Butera, Adhikari e Aste (2015), aproximadamente 40% do calor indesejado que se acumula em uma edificação entra através das janelas.

Painéis de vidro talvez tenham sido o mais importante avanço tecnológico na história das edificações. Eles permitiram um salto extraordinário na qualidade do ambiente interior dos prédios. Passou-se a não ter mais a obrigatória associação de luz e ar externo passando simultaneamente pelas mesmas aberturas. Ou seja, poder-se-ia ter luz sem vento (BUTERA, ADHIKARI e ASTE, 2015).

No entanto, a partir do século XX, fachadas envidraçadas se tornaram muito frequentes em vários projetos ao redor do mundo. A “arquitetura internacional” e o abuso do uso de vidros se consolidou, levando inevitavelmente ao abandono dos

princípios de adaptação ao clima. A seletiva transmitância dos vidros em função do comprimento de onda gera o famigerado “efeito estufa” o que pode trazer sérios problemas e desafios em relação ao conforto térmico e desempenho energético de uma edificação, principalmente em regiões de clima quente. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014)

Butera, Adhikari e Aste (2015) apresentam propriedades gerais de diversos tipos de vidro. O vidro comum apresenta duas características básicas: pouca alteração no espectro solar na faixa visível e alta transmitância da radiação infravermelha curta. A primeira característica representaria uma óbvia vantagem, mas a segunda seria prejudicial ao conforto térmico em climas quentes, pois, apesar de invisível aos olhos, essa radiação infravermelha curta vem carregada de muita energia térmica que terá que ser retirada do interior de uma edificação. Além do vidro comum, haveria como alternativa os vidros verde, cinza ou bronze que teriam essa transmitância atenuada, sendo que o vidro verde também alteraria o espectro solar na faixa visível. Os autores destacam que os vidros que apresentam baixa transmitância à radiação solar infravermelha curta, por outro lado, também transmitem pouca luz e concluem que, nesse contexto, a melhor alternativa para regiões de clima quente são os vidros comuns associados a um sombreamento eficiente.

Butera, Adhikari e Aste (2015) estudaram ainda o consumo energético de um ambiente em 3 climas do leste africano utilizando 3 tipos de vidro: vidro simples, vidro duplo e vidro duplo de baixa emissividade. Os autores evidenciaram a inutilidade dos vidros de baixa emissividade (*low-e*) na região de clima quente e úmido. Verificou-se que a redução do consumo com o uso de vidro duplo de baixa emissividade é muito pequena em relação aos outros dois tipos de vidro. Justificou-se tal resultado pelo fato de que, como vidros de baixa emissividade tanto emitem como absorvem pouco da radiação infravermelha longa que o atinge, a radiação produzida no interior da edificação é quase totalmente retornada, o que somente seria útil para climas frios.

O trabalho de Lau *et al.* (2016), já discutido anteriormente, além de analisar a eficiência dos tipos de sombreamento, comparou também os resultados considerando dois tipos de vidro: vidro comum e vidro duplo de alta performance de baixa emissividade (*low-e*). As conclusões foram na mesma linha que Butera, Adhikari e Aste (2015) de que em climas quente e úmido a utilização de sombreamento é mais efetiva que o uso de vidros de baixa emissividade.

Por outro lado, apesar de se apontar vantagens do sombreamento frente ao uso de vidros de baixa emissividade (*low-e*), estudos como o de Lima (2007a), apontam influência significativa de vidros de baixo fator solar na melhoria do desempenho energético de hotéis em Natal/RN. Portanto, não se deve dispensar os vidros de controle solar como instrumento de eficiência energética nos edifícios, principalmente diante das novas tecnologias que avançam e da redução progressiva dos custos desse material.

A vastidão da literatura sobre o tema e as diversas metodologias verificadas nas pesquisas debatidas no decorrer deste capítulo revelaram um importante cabedal de estratégias voltadas para a eficiência energética de edificações em Natal-RN, além do que nos permitiu analisar sua eficácia em diferentes contextos.

Verificou-se que as recomendações mais antigas eram mais intuitivas e empíricas, baseadas tão somente nos fenômenos físicos ou na arquitetura vernacular, como o roteiro de Holanda (1976).

O desenvolvimento de ferramentas de simulação computacional trouxe uma outra perspectiva sobre o tema, permitindo testar e avaliar mais rapidamente diversas dessas estratégias e fazendo surgir mais pesquisas na área. Os estudos convergiram em relação à eficácia da maioria das estratégias discutidas para o clima quente e úmido, mas também revelaram contrapontos e/ou aspectos adicionais importantes quanto à sua aplicação.

## **2.2 AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

A implantação de projetos ou soluções de eficiência energética na maior parte das vezes requerem aporte de recursos. Nesse contexto, a análise econômica é um importante critério que deve ser considerado ao priorizar e classificar alternativas de conservação de energia. (CASCIO *et al.*, 2017)

Essas análises facilitam a comparação entre as opções e fornecem indícios se estas, além de serem energeticamente eficiente, compensam financeiramente. (MA *et al.*, 2012)

Uma variedade de métodos pode ser usada para avaliar a viabilidade econômica de alternativas de eficiência energética: Valor Presente Líquido (VPL), *Payback*, Taxa Interna de Retorno (TIR), Custo Anualizado Equivalente (CAE), Relação Custo-Benefício (RCB) etc. Esses métodos são também comumente



utilizados numa abordagem mais abrangente denominada Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV).

Remer e Nieto (1995 *apud* MA *et al.*, 2012) identifica que o VPL é a técnica mais comum para avaliação energética de edificações entre 25 técnicas.

O VPL é um critério adequado tanto para avaliar individualmente os projetos como para analisar comparativamente vários deles, tornando-se o indicador mais amplamente utilizado nas avaliações de projetos. (BOTTEON, 2009)

O método do Valor Presente Líquido reflete a riqueza em valores monetários do investimento, medida pela diferença entre o **valor presente** das entradas de caixa e o **valor presente** das saídas de caixa, a uma determinada taxa, frequentemente chamada de taxa de desconto. (REBELATO, 2004)

Guo e Wei (2016) utilizaram o Valor Presente Líquido (VPL) para avaliar economicamente mudanças na envoltória de um prédio da Universidade de Taiwan. O uso do VPL permitiu a comparação entre 27 combinações de cobertura/paredes/sombreamento. Além disso, este indicador revelou, sobretudo, o resultado financeiro representativo da implementação de cada uma delas durante toda a vida útil da edificação analisada (considerada como 30 anos), por meio do qual se evidenciou que somente oito delas eram viáveis economicamente.

Além do VPL, Rakhshan e Friessb (2017) utilizaram também o *Payback* como método complementar para a avaliação econômica de sete alternativas que envolviam aspectos da envoltória e do sistema de ar condicionado de dois tipos de unidades residenciais dos Emirados Árabes. Assim como em Guo e Wei (2016), o tempo de vida útil considerado para as edificações foi de 30 anos, o qual foi utilizado como horizonte das avaliações econômicas. Dentre as alternativas para a envoltória, o isolamento das paredes foi a medida mais viável, mas, das sete alternativas testadas, os melhores valores de VPL e *Payback* se deram com a substituição da unidade de ar condicionado por uma mais eficiente, revelando-se uma alternativa altamente viável.

O *Payback* representa basicamente o tempo em que o capital investido inicialmente retornará, na forma de rendimento, ao investidor, sendo esse o critério de aceitação ou não de um projeto. Projetos com tempo de retorno menor são preferíveis àqueles que indicam prazo de recuperação maiores.

Reforçando o procedimento adotado em Rakhshan e Friessb (2017), Rebelato (2004) recomenda que se utilize o *Payback* mesmo que se use outros métodos de

análise de investimentos (como o VPL, por exemplo), pois o *Payback* reflete a liquidez de um projeto e, por consequência, revela o risco de não se recuperar o investimento realizado.

O trabalho de Fiaschi, Bandinelli e Conti (2012) se baseou sobretudo no *Payback* para verificar a viabilidade de diversas alternativas que visavam reduzir o consumo de energia de uma pequena cidade italiana. A maior parte das alternativas resultaram em um *Payback* longo, o que revelou a inviabilidade da implementação das mesmas. Como consequência, os autores defendem que iniciativas ambientais e de eficiência energética não devem ser guiadas somente por uma pura análise econômica, sendo mais fidedigno um indicador que permitisse valorar os benefícios sociais das alternativas.

No estudo de Gedra (2009), utilizou-se mais uma vez o VPL, porém associado a outro indicador, a Taxa Interna de Retorno (TIR). Foi analisada a viabilidade financeira de se investir na obtenção de créditos de carbono no contexto de 4 projetos de eficiência energética. O uso desses dois métodos permitiu evidenciar que, nos projetos de porte maior, o investimento para obtenção de créditos de carbono melhorava o resultado econômico, mas que, nos de porte menor, o efeito era inverso.

Vale *et al.* (2017) valeram-se desses mesmos indicadores (VPL e TIR) para constatar que a instalação de sistemas fotovoltaicos em unidades habitacionais do programa “Minha casa, minha vida” seria mais viável economicamente em São Paulo do que no Piauí.

Conceitualmente, a taxa interna de retorno (TIR) é a taxa de desconto que torna o Valor Presente Líquido de um determinado fluxo de caixa igual a zero. Ou seja, é a taxa segundo a qual o valor presente das receitas é exatamente igual ao valor presente das despesas (REBELATO, 2004). O método consiste em comparar esse indicador com uma taxa de atratividade mínima estipulada pelo investidor. Rebelato (2004) e Puccini (2011) ressaltam duas limitações quanto ao uso desse indicador. A primeira delas é que pressupõe implicitamente o reinvestimento das entradas de caixa intermediárias à própria taxa interna de retorno encontrada, o que pode não acontecer em casos em que esta taxa for muito alta, principalmente em face da dificuldade de encontrar outros projetos com taxas no mesmo patamar para o reinvestimento. A segunda limitação diz respeito a projetos que apresentam mais de uma saída de caixa ao longo do tempo (fluxos de caixa não convencionais), situação que pode

matematicamente conduzir a múltiplas taxas internas de retorno ou, até mesmo, à inexistência de solução, o que se torna sem serventia para a análise de investimentos.

Segundo Filho e Kopittke (2000 *apud* SILVA e SANTIAGO, 2006), em análises econômicas que envolvam substituição de materiais/equipamentos, os tomadores de decisão devem analisar o horizonte de tempo da análise para escolher o método mais conveniente a ser usado. Para casos com horizontes finitos, o VPL é mais adequado, enquanto nos casos cujo horizonte de tempo é infinito o Custo Anual Equivalente (CAE) é o mais apropriado.

O CAE representa o custo anualizado de possuir e operar um ativo durante toda sua vida útil e é adequado como uma ferramenta de tomada de decisão para comparar projetos de diferentes períodos de vida útil. (SHEN *et al.*, 2017)

Na comparação e avaliação de diversas alternativas, uma análise dos respectivos benefícios pode auxiliar e complementar o método do CAE. No entanto, principalmente quando os benefícios são de difícil valoração, costuma-se utilizar o CAE isoladamente, simplesmente priorizando aquelas alternativas que apresentam o menor CAE. (BOTTEON, 2009)

Shen *et al.* (2017) aplicou o CAE para analisar alternativas para melhorar a eficiência energética e reduzir os impactos ambientais de caldeiras industriais na China. As opções estudadas se enquadravam em 3 grandes grupos: 1-) uso de combustíveis alternativos para substituir o carvão; 2-) adoção de medidas de eficiência energética para os boilers existentes e 3-) desenvolvimento de sistemas distribuídos em escala comunitária para substituir as caldeiras industriais individuais. Para as alternativas vinculadas ao grupo 1 e 3, a avaliação se deu por meio do CAE sem considerar os benefícios. Na avaliação das alternativas relativas ao grupo 2, o CAE foi utilizado juntamente com os benefícios gerados e se calculou o Custo da Energia Economizada, que também foi usado na classificação as alternativas. Dentre todas as alternativas dos 3 grupos, as análises econômicas serviram de instrumento para demonstrar que modernizar as caldeiras à carvão existentes, substituir o carvão pelo gás natural e usar sistemas distribuídos de cogeração de energia e calor em escala comunitária eram alternativas efetivas que melhorariam a situação atual.

A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL também utiliza o CAE em seu método de avaliação de projetos do Programa de Eficiência Energética, que tem como base de análise a Relação Custo Benefício (RCB). Com relação aos custos, o valor investido é transformado em parcelas anuais de acordo com a vida útil dos

materiais/equipamentos e com uma taxa de desconto previamente estipulada, nos moldes do CAE. Da mesma forma, os benefícios são considerados somente no decorrer de um ano. Para aprovação, os projetos devem apresentar no máximo uma RCB menor ou igual a 0,8 (ANEEL, 2013). O ponto central do método, portanto, é a relação anualizada acima mencionada.

Nos casos de sua aplicação em edificações, verifica-se que o método estabelecido pela ANEEL não leva em consideração o completo período de operação da edificação, mas a vida útil de cada material/equipamento aplicado. Além disso, verifica-se que tal método busca contabilizar os impactos em todo o sistema elétrico, da geração ao fornecimento.

É também bastante recorrente na literatura a avaliação de investimentos em eficiência energética pelo método de Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV), onde tem sido aplicado diversos desses indicadores da engenharia econômica (VPL, TIR, Payback, CAE etc.) isolados ou associados.

Fuller e Petersen (1995) definem ACCV como um método de avaliação de projeto no qual todos os custos decorrentes de possuir, operar, manter e descartar um projeto são considerados potencialmente importantes para a decisão. Ou seja, toda a vida útil e operacional do objeto estudado deve ser levada em consideração, o que resulta em uma avaliação melhorada dos impactos econômicos dos investimentos, já que as abordagens convencionais consideram apenas os custos iniciais ou custos operacionais de curto prazo.

Além disso, o ACCV é particularmente adequado para se comparar alternativas com diferenças em parâmetros tais como custos de investimento iniciais, custos de operação, manutenção e reparo, potenciais de economia de energia e vida útil. (RUPARATHNA, HEWAGE e SADIQ, 2017)

Ruparathna, Hewage e Sadiq (2017) compara 2 alternativas de *retrofit* (isolamento da cobertura e bombas de calor geotérmicas) em um prédio público de escritório no Canadá a fim de propor uma abordagem ACCV para *retrofit* de energia em edificações que fosse baseada na lógica difusa, de forma a lidar com as significantes incertezas associadas aos modelos de ACCV atuais. O VPL foi utilizado como parâmetro, considerando um tempo de operação de 25 anos. Os resultados demonstraram uma alta discrepância entre os métodos determinístico e o difuso proposto e evidenciaram a habilidade deste último em incorporar informações vagas e incompletas.

As incertezas comuns associadas aos modelos atuais de ACCV, segundo Ruparathna, Hewage e Sadiq (2017), dizem respeito a erros no julgamento (e.g., estimativas excessivamente otimistas); a atividades futuras (e.g., mudanças potenciais no comportamento dos usuários); a outros fatores (e.g., custos de materiais e mão de obra). Há também as incertezas associadas a variáveis específicas (e.g., custos de energia, inflação ao longo do período etc.)

Ferreira, Almeida e Rodrigues (2016) realizaram uma ACCV usando o VPL para analisar comparativamente a implantação de diversos pacotes de *retrofit* em edifícios representativos de residências portuguesas (edificações de referência). Cada pacote definia elementos de parede, telhado, piso, janela, além dos sistemas de aquecimento, resfriamento e aquecimento de água. As análises foram realizadas para um período de 30 anos e os custos incluíam os de investimento, manutenção e energia. O método ACCV permitiu identificar, para cada edificação de referência, o pacote de *retrofit* de custo-ótimo (custos globais com menor VPL) e ainda compará-lo com os custos daqueles pacotes que reduziam o consumo de energia a níveis quase nulos os quais estariam inseridos no conceito de nZEB (*nearly zero energy buildings*), diretriz europeia de eficiência energética. Foi identificada uma diferença ainda significativa, mas que poderia ser eliminada associando, aos pacotes de custo-ótimo, sistemas de aquecimento/resfriamento/aquecimento de água que fossem baseados em energia renovável.

Vahl, Campos e Filho (2013), objetivando determinar qual o tipo de lâmpada era mais viável para uma hipotética implantação de 1000 unidades, também realizaram uma ACCV usando o CAE como indicador. Compararam-se 3 tipos de lâmpadas: LED tubular, fluorescentes compactas e fluorescentes tubular. A fluorescente tubular revelou ser a alternativa mais econômica na faixa de 1200 lumens/fonte.

Rodrigues e Freire (2017) analisaram, para três tipos de padrão de ocupação (residencial alto, residencial baixo e escritório), os impactos ambientais e econômicos relacionados à aplicação de poliestireno de diferentes espessuras (40 mm, 80 mm e 120 mm) na cobertura e paredes de uma antiga residência localizada em Coimbra, Portugal. Os autores consideraram uma vida útil de 50 anos para a edificação, argumentando que muitos outros estudos também têm assumido esse ciclo de vida para edifícios. No tocante à análise econômica, também foi realizada uma ACCV usando o método do CAE. A fase de descarte do ciclo de vida da edificação não foi

considerada para as análises, pois segundo os autores, esta não poderia ser prevista com precisão devido à longa vida útil dos edifícios, além de ser considerada de menor importância para o setor residencial. Os resultados evidenciaram que, em relação ao caso base, as alternativas somente eram viáveis economicamente nas situações em que o padrão de ocupação era alto (residencial). Por meio das análises econômicas ainda se identificou a melhor combinação dentre as alternativas testadas: espessura de 80mm de poliestireno para as paredes e sem qualquer isolamento na cobertura.

O período de análise de uma ACCV, como verificado acima, não raras vezes corresponde ao tempo de vida útil do edifício quando este, obviamente, tem relação com o objeto de estudo. No entanto, os valores evidenciados pela literatura para esse parâmetro variam bastante: 21 anos (CASCIO *et al.*, 2017), 25 anos (RUPARATHNA, HEWAGE e SADIQ, 2017), 30 anos (FERREIRA, ALMEIDA e RODRIGUES, 2016; GUO e WEI, 2016; RAKHSHAN e FRIESSB, 2017), 50 anos (STEPHAN e CRAWFORD, 2016; RODRIGUES e FREIRE, 2017)

Munoz *et al.* (2017) também identificaram, com base em estudos relacionados à ACCV, essa variabilidade para o tempo de vida útil dos edifícios (entre 40 a 100 anos). O trabalho visava analisar o consumo de energia de uma escola localizada na Espanha e durante todos os estágios do ciclo de vida do edifício, o qual foi considerado de 75 anos, por ser este, segundo os autores, geralmente assumido como valor médio nas pesquisas.

Ainda sobre o tempo de vida útil das edificações, no Brasil, a norma de desempenho de edificações habitacionais estabelece uma vida útil de projeto (VUP) mínima e máxima para cada sistema construtivo (Tabela 2-3). Para a VUP mínima da estrutura, verifica-se o prazo de 50 anos e para a VUP superior, 75 anos. (ABNT, 2013)

**Tabela 2-3: Vida útil de projeto mínima e superior de acordo com a norma de desempenho de edificações habitacionais.**

Sistema	VUP anos	
	Mínimo	Superior
Estrutura	≥ 50	≥ 75
Pisos internos	≥ 13	≥ 20
Vedação vertical externa	≥ 40	≥ 60
Vedação vertical interna	≥ 20	≥ 30
Cobertura	≥ 20	≥ 30
Hidrossanitário	≥ 20	≥ 30
* Considerando periodicidade e processos de manutenção segundo a ABNT NBR 5674 e especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à ABNT NBR 14037.		

Fonte:ABNT (2013)

Apesar da incerteza quanto ao tempo de vida útil que deve ser adotado em análises econômicas sobre eficiência energética de edificações, além de todas as outras, naturais de processos de construção de cenários e de projeções, a literatura e o contexto apresentados evidenciam a importância dos métodos de avaliação de investimentos para a correta tomada de decisão e seleção das melhores alternativas no campo da eficiência energética. Revelou-se que esses métodos podem ser usados nos mais variados contextos relacionados ao tema, apesar de que a adequabilidade e a escolha de métodos específicos devem ser definidas sobretudo em relação aos objetivos de cada estudo.

## 2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão da literatura evidenciou que as estratégias arquitetônicas ou construtivas mais eficientes para melhorar o desempenho térmico e energético de edifícios localizados em regiões de clima quente e úmido e baixas latitudes envolvem essencialmente aspectos relacionados à proteção solar das aberturas e aos materiais e cores da cobertura.

As pesquisas demonstraram sobretudo a eficácia de materiais com baixa absorptância solar, obtida por meio do uso de cores claras ou refletoras (HOLANDA, 1976; CHENG, NG e GIVONI, 2005; LIMA, 2007a; SIMAS, 2009; BUTERA, ADHIKARI e ASTE, 2015; GUO e WEI, 2016; PACHECO, 2016)

Sombrear as aberturas demonstrou também ser uma das medidas mais eficientes em prol de uma melhoria no desempenho térmico e energético. (LIMA, 2007a; BUTERA, ADHIKARI e ASTE, 2015; GUO e WEI, 2016). Guo e Wei (2016) e Lau *et al.* (2016) demonstraram ainda que a estrutura de sombreamento do tipo “caixa de ovo” foi a melhor em todas as orientações, o que corroborou com os resultados encontrados em Freewan (2014). Em relação aos vidros, os resultados de Lima (2007a) indicaram grande eficácia no uso de vidros com baixo fator solar na redução do consumo de energia.

Nesse contexto, foram selecionadas para a pesquisa seis alternativas construtivas relacionadas à cobertura, que objetivaram, sobretudo, analisar e se valer dos benefícios de uma baixa absorptância. Foram explorados também uma alternativa relacionada à proteção solar das aberturas (sombreamento do tipo “caixa de ovo”) e um vidro reflexivo.

Em relação à avaliação de investimentos, as pesquisas revelaram o uso dos mais diversos métodos da engenharia econômica para a análise da viabilidade econômica de alternativas de eficiência energética.

Contudo, alguns autores indicaram o VPL como a técnica mais comum para avaliação energética de edificações, principalmente em um contexto de horizonte finito de análise (Remer e Nieto, 1995 *apud* MA *et al.*, 2012; Filho e Kopittke, 2000 *apud* SILVA e SANTIAGO, 2006; BOTTEON, 2009; MA *et al.*, 2012). De fato, o uso do VPL se mostrou bastante recorrente em estudos do gênero.

No contexto da pesquisa, o VPL se apresenta como um indicador bastante adequado, pois, além de servir de parâmetro comparativo entre as diversas alternativas construtivas, ele reflete a riqueza de cada investimento em valores monetários, o que é útil para evidenciar os danos ao erário público decorrentes de insatisfatório desempenho energético nos edifícios analisados.

A revisão bibliográfica revelou ainda uma grande variabilidade em relação ao tempo de vida útil dos edifícios. Nessa pesquisa, considerou-se 30 anos como um valor razoável para essa variável, estabelecendo-se como horizonte das avaliações econômicas realizadas.



### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

O método da pesquisa se desenvolveu em 4 etapas (Figura 3-1).

A etapa 1 consistiu na definição e caracterização do projeto tipo B do PROINFÂNCIA/FNDE como objeto de estudo da pesquisa.

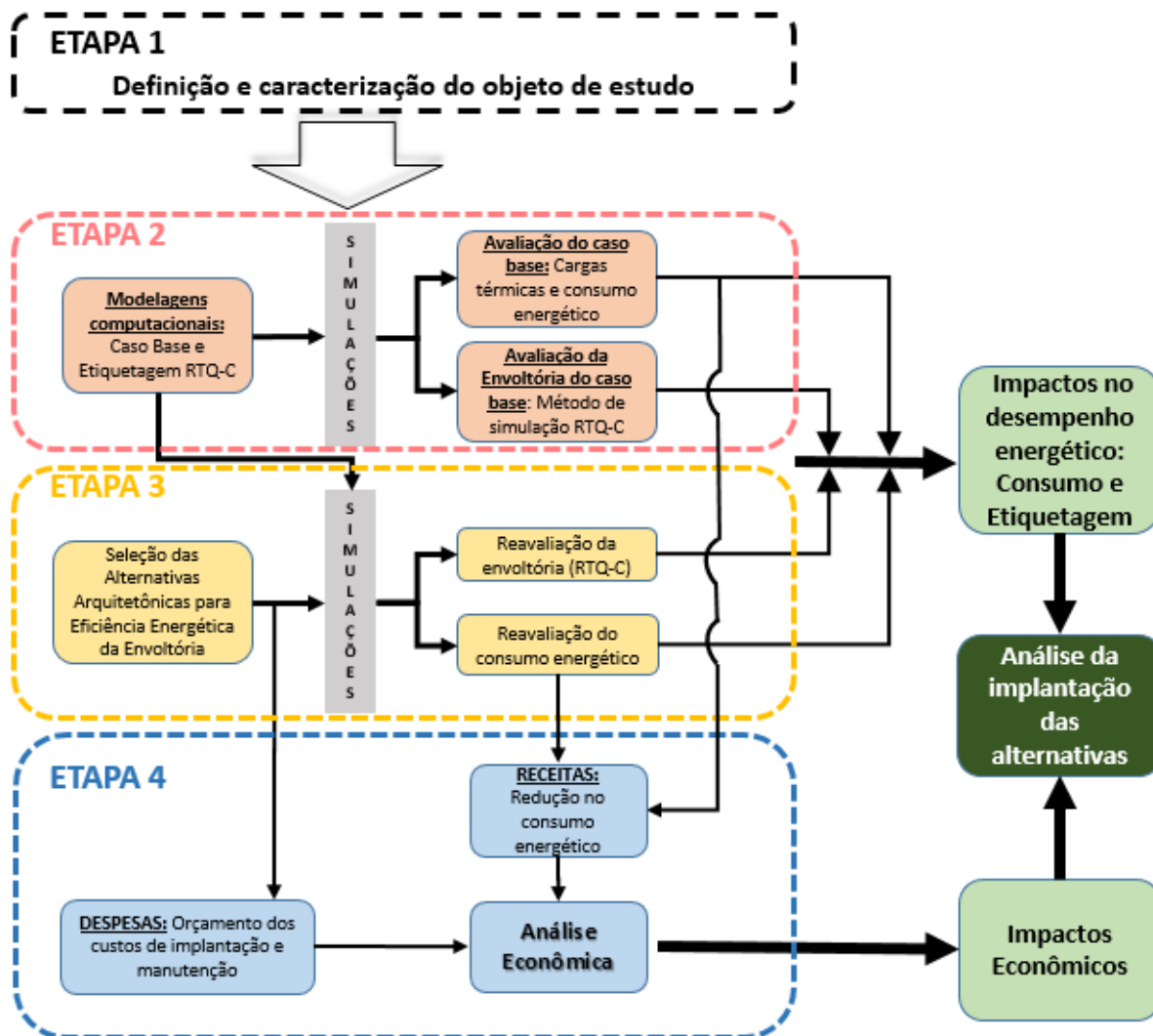
Na etapa 2, por meio de simulações computacionais, foi analisado o consumo de energia de dois edifícios do projeto tipo B do PROINFÂNCIA/FNDE, bem como avaliado, para o clima de Natal/RN, o desempenho energético da envoltória projetada, com base no método de simulação do RTQ-C.

A etapa 3 consistiu em simular alterações na envoltória, com alternativas construtivas selecionadas sobretudo com base na revisão bibliográfica, a fim de identificar melhorias no desempenho energético e o impacto na redução do consumo para resfriamento.

Na etapa 4, procedeu-se o levantamento dos custos de implantação e manutenção das alternativas para, juntamente com os resultados das etapas 2 e 3, proceder-se a análise econômica das alternativas simuladas.

Por fim, realizaram-se análises e comparações dos resultados das etapas anteriores, buscando identificar convergências e divergências entre as alternativas testadas no tocante aos impactos no consumo energético para resfriamento, na etiquetagem e na viabilidade econômica, com vistas a atingir os objetivos da pesquisa.

Figura 3-1: Diagrama do método de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.1 SIMULAÇÕES

As simulações computacionais foram realizadas por meio do software Design Builder (versão 2.4.2.026) (DESIGNBUILDER SOFTWARE LTD, 2000-2009), disponível no Laboratório de Conforto Ambiental – LabCon da UFRN. O procedimento consistiu em criar, para cada edifício analisado, um modelo base contendo essencialmente as características originais de projeto, além de modelos específicos destinados à etiquetagem, de acordo com o RTQ-C (PROCEL, 2014): modelos de referência e modelos reais. O modelo base e os modelos reais de cada edifício foram posteriormente alterados com alternativas construtivas. Os resultados foram analisados com base no consumo energético simulado.

Foi utilizado o arquivo climático INMET 2016 em formato de EPW da cidade de Natal/RN (LABEEE, 2017) e as temperaturas mensais do solo do modelo base de cada edifício foram determinadas por meio da ferramenta Slab, do EnergyPlus (versão 7.0.0.036). Esta etapa foi simplificada, adotando-se as mesmas temperaturas também para os demais modelos dos edifícios.

### **3.2 ETAPA 1: DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO**

Um estudo analítico-experimental do projeto tipo B das creches do Programa Nacional de Reestruturação e Aquisição de Equipamentos para a Rede Escolar Pública de Educação Infantil - PROINFÂNCIA se mostra adequado para revelar aspectos importantes relacionados ao desempenho energético e aos impactos econômicos de alternativas construtivas aplicadas em uma obra pública na região de clima quente e úmido.

O objeto de estudo corresponde a um projeto de edificação pública já edificado e presente em todo território nacional e que, no Rio Grande do Norte, foi executado em uma quantidade considerável.

O PROINFÂNCIA trata-se de um programa do governo federal criado em abril de 2007 com o objetivo de melhorar a qualidade da educação por meio da construção de creches e pré-escolas no país e aquisição de equipamentos. (PROINFÂNCIA, 2016)

Conforme dados do SIMEC (2016), desde sua criação, já foram investidos recursos na construção de 8.728 unidades em todo o país, o que representa investimentos de mais de R\$ 10 bilhões.

Para a construção das creches e pré-escolas, o PROINFÂNCIA se utiliza de projetos padrões. Eles se denominam projeto “Tipo B”, “Tipo C”, “Tipo 1” e “Tipo 2”. Já os projetos elaborados pelos proponentes são nomeados projetos “Tipo A”. A Tabela 3-1 mostra as características gerais do projeto do “Tipo B”.

Edificações construídas com base em projetos padrões estão mais propensas a apresentar desempenho energético insatisfatório, visto que, pela própria natureza do tipo de projeto (padrão), é mais provável que na sua concepção projetual não sejam levadas em consideração especificidades climáticas de cada local onde o projeto será edificado.

**Tabela 3-1: Características gerais dos projetos padrão “Tipo B” do programa PROINFÂNCIA/FNDE.**

TIPOLOGIAS	TERRENO (Dimensões mínimas)	ÁREA CONSTRUÍDA	DEMANDA ATENDIDA
Proinfância tipo B Educação infantil	40 m x 70 m	1323,58 **	120 alunos (Período Integral) 240 alunos (dois turnos)

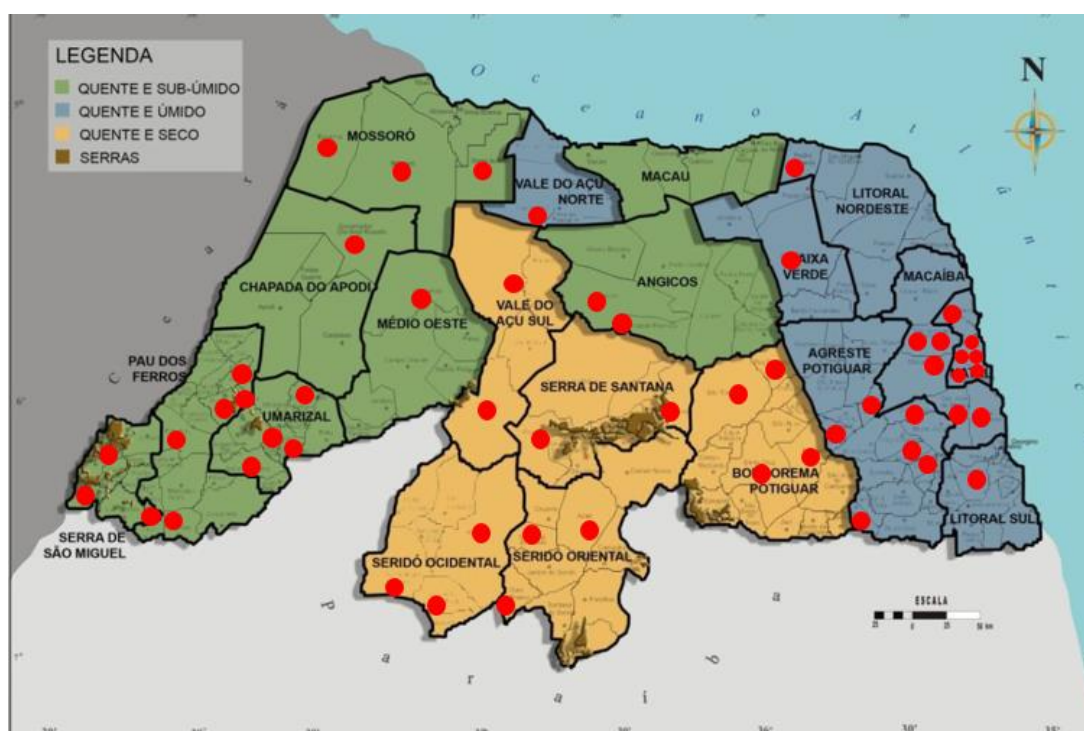
\*\* área construída + projeção da cobertura

Fonte: PROINFÂNCIA (2016)

No Rio Grande do Norte (RN), foram construídas 68 creches, sendo a maior parte delas do projeto tipo B (54 unidades). Do projeto do tipo C, foram 14 unidades. (SIMEC, 2016)

Em face do maior número de creches tipo B construídas no RN, e de posse da informação dos municípios onde as mesmas foram edificadas, tais localidades foram marcadas em um mapa de sub-regiões climáticas do RN produzido por Pacheco (2016). Constatou-se que na região de clima quente e úmido, onde também se insere a cidade de Natal/RN, foram construídas 21 creches do PROINFÂNCIA do tipo B, o que representa cerca de 31% do total desse tipo de creche construída no estado (Figura 3-2).

**Figura 3-2: Creches do tipo B do programa PROINFÂNCIA/FNDE construídas nas sub-regiões climáticas do RN.**



Fonte: Pacheco (2016), modificado pelo autor.

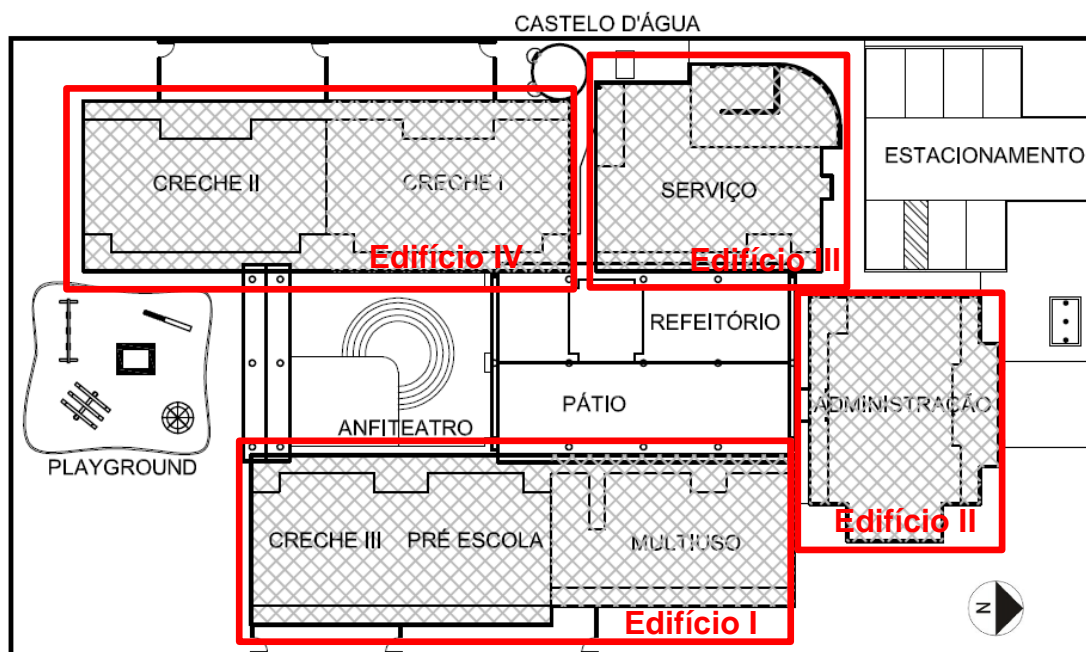
### 3.2.1 O Projeto Tipo B – PROINFÂNCIA/FNDE

O projeto de creches “Tipo B” do programa PROINFÂNCIA prevê 4 edifícios não interligados entre si (FNDE, 2013) (Figura 3-3 e Figura 3-4):

- Edifício I: Composto pelos blocos de salas denominados “creche III”, “pré-escola” e “multiuso”;
- Edifício II: Composto pelo bloco de salas denominado “administração”;
- Edifício III: Composto pelo bloco de salas denominado “serviços”;
- Edifício IV: Composto pelos blocos de salas denominados “creche I” e “creche II”.

Na área externa estão o playground, o castelo d’água e a área de estacionamento. (Figura 3-3 e Figura 3-4)

**Figura 3-3: Edifícios do projeto padrão “tipo B” do programa PROINFÂNCIA/FNDE.**



Fonte: FNDE (2013) modificado pelo autor.

**Figura 3-4: Maquete eletrônica do projeto padrão “tipo B” do programa PROINFÂNCIA/FNDE.**



Fonte: PROINFÂNCIA (2016).

O projeto padrão de uma creche Tipo B prevê edificações com características construtivas recorrentes, o que o torna ainda mais adequado aos objetivos da pesquisa. São prédios com estrutura em concreto armado, cobertura em telhas cerâmicas e estrutura de madeira e paredes em alvenaria (Figura 3-5 a Figura 3-7).

De uma forma geral, as paredes externas possuem, além da pintura acrílica predominante, revestimento cerâmico em alguns trechos. No interior, as paredes da maioria dos ambientes também apresentam revestimento cerâmico até a altura de 1,20 m e, na área restante, pintura acrílica.

O teto é composto de forro em laje mista de concreto, complementado com pintura com tinta PVA e para o piso é especificado granitina, com exceção do prédio de serviços onde se prevê cerâmica.

As esquadrias compõem-se de portas de madeira e janelas de alumínio/vidro.



**Figura 3-5: Vista frontal direita de uma creche tipo B do PROINFÂNCIA/FNDE, construída em Jandaíra/RN.**



Fonte: crédito pessoal.

**Figura 3-6: Vista posterior de uma creche do PROINFÂNCIA/FNDE, tipo B, construída em Jandaíra/RN.**



Fonte: crédito pessoal

**Figura 3-7: Piso, esquadrias e revestimentos interno das paredes de uma creche do PROINFÂNCIA/FNDE, tipo B, construída em Jandaíra/RN.**



Fonte: crédito pessoal

Como o projeto padrão TIPO B, objeto de estudo dessa pesquisa, é a base para a construção de todas as unidades no país, evidentemente não são estabelecidos dados mais específicos, relacionados a peculiaridades locais, como rotina de uso e ocupação, climatização, padrão de uso da iluminação e densidade de cargas internas e respectivo padrão de uso.

Assim, foram utilizados também nas análises os dados de uma creche já construída e em uso, obtidos por meio de pesquisa de campo e documental. Trata-se do CMEI Fernanda Jales, uma creche tipo B, localizada na Rua Rio Suassuí, 7701 – Pitimbú, Natal-RN e inaugurada em 15/02/2012 (NATAL, 2012). A escola já está em funcionamento há mais 5 anos e possui uma rotina de uso já consolidada, o que a torna adequada para a obtenção das informações citadas.

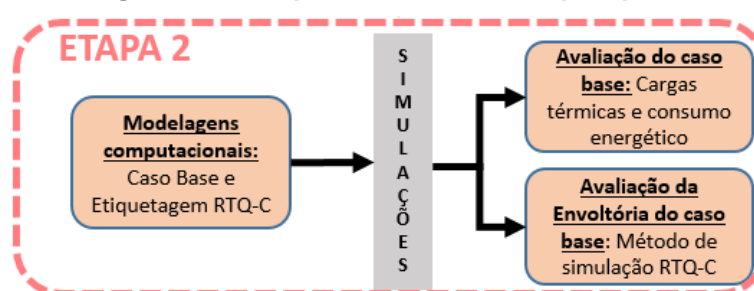
As análises se restringiram ainda aos edifícios que possuíam ambientes condicionados no CMEI Fernanda Jales, edifícios I e II. O edifício III não possuía ambientes condicionados e o edifício IV, apesar de condicionado, possuía a mesma orientação, tipologia, materiais e uso do edifício I e, assim, estudá-lo seria um trabalho meramente repetitivo, o que pouco acrescentaria às discussões e conclusões.



### 3.3 ETAPA 2: AVALIAÇÃO DO CASO BASE

Os procedimentos consistiram inicialmente na criação dos modelos computacionais, os quais foram simulados a fim de se estabelecer um diagnóstico inicial dos edifícios projetados, tanto pelo comportamento das cargas térmicas e consumo energético, como por meio da etiquetagem (RTQ-C). Objetivou-se estabelecer o parâmetro base de comparação para as demais etapas.

**Figura 3-8: Etapa 2 do método da pesquisa.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 3.3.1 Modelagem do Caso base

Para a modelagem do caso base, primeiramente, definiu-se a orientação dos edifícios para a pesquisa. Para os edifícios I, III e IV, as fachadas maiores foram orientadas ao longo do eixo norte – sul, com azimuth de 90° (prédios I) e 270° (prédios III e IV); e para o edifício II, suas fachadas maiores foram orientadas ao longo do eixo leste – oeste com azimuth de 0°.

Os dados de entrada do programa de simulação referentes às geometrias dos prédios, materiais e características da envoltória foram obtidos diretamente do projeto e das especificações técnicas (FNDE, 2009; 2012; 2013) e estão sintetizados na Tabela 3-2.

**Tabela 3-2: Características construtivas dos Edifícios do projeto padrão da creche tipo B do programa PROINFÂNCIA/FNDE.**

CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS	
Paredes externas e internas	Alvenaria de tijolo cerâmico de 6 furos
Revestimento Paredes externas (lado externo)	Cerâmica azul escuro até h=0,5 m, seguido de pintura até as empenas.
Revestimento Paredes externas (lado interno)	Cerâmica branca até h=1,20 m, seguido de pintura até o teto.
Revestimento Paredes internas	Cerâmica branca até h=1,20 m, seguido de pintura até o teto.
	<i>Exceção 1:</i> Sanitários -> Cerâmica branca até h=1,80 m e pintura no restante da área
	<i>Exceção 2:</i> Edifício III -> Cerâmica branca
Cobertura	De 2 águas, telha cerâmica colonial com forro em laje de esp. = 15 cm., com reboco e pintura em uma das faces. Beirais de 1,20 m
Cobertura - Empenas	Cerâmica azul escuro
Piso	Granitina
	<i>Exceção:</i> Sanitários e Edifício III -> Cerâmico branco
Vidros	Vidros simples e temperados com 6mm e 10mm de espessura. Fator Solar = 0,82
Esquadrias	Alumínio e vidro
Dispositivos de sombreamento das aberturas	Inexistentes
Portas	Em madeira compensada

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi considerada uma taxa metabólica de 108 Watts por pessoa, baseado no que dispõe o RTQ-R para atividade “Sentado ou assistindo TV”. (BRASIL, 2012)

Os dados de entrada referentes à rotina de uso e ocupação, climatização, padrão de uso da iluminação e densidade de cargas internas e respectivo padrão de uso não constavam no projeto, foram extraídos do CMEI Fernanda Jales.

Foram realizados inventários físicos dos equipamentos elétricos em cada ambiente, coletando suas respectivas potências nominais com vistas a calcular a densidade de cargas internas. Além disso, também foram identificados os ambientes condicionados e as características técnicas dos respectivos aparelhos.

Com base no cruzamento das informações das plantas baixas com o sistema de condicionamento utilizado em cada ambiente, foram estabelecidas, durante o processo de modelagem, as zonas térmicas de cada edifício, mediante, sobretudo, a identificação de ambientes vizinhos com mesma característica térmica.

A densidade de potência de iluminação das zonas térmicas foi obtida diretamente do projeto (FNDE, 2012).

Por meio de entrevistas com as diretoras da unidade, bem como através de documentos internos que discriminavam os horários e as programações de cada turma e sala da creche, consolidaram-se também as rotinas de uso e ocupação e os padrões de uso da iluminação e equipamentos.

Nos ambientes climatizados, para fins de simulação, foi considerada como *set point* de resfriamento (°C) a temperatura operativa de 24°C. Nos ambientes ventilados naturalmente, configurou-se para que o próprio programa de simulação realizasse os cálculos de renovação de ar, os quais se relacionam com as dimensões das aberturas e com a diferença de pressão do ar entre elas.

Em relação às infiltrações por frestas, foi adotado o modelo de infiltração do programa denominado “muito pobre” – de estanqueidade – (*very poor*). Esse modelo representa sistemas de esquadrias que possibilitam taxas de infiltração elevadas. Os valores de coeficiente de fluxo de ar por frestas (CQ) e expoente de fluxo de ar desse modelo são apresentados na Tabela 3-3.

**Tabela 3-3: Coeficiente e expoente de fluxo de ar por frestas do modelo de infiltração.**

Elementos	Coeficiente de Fluxo de Ar por Frestas (C <sub>Q</sub> ) – kg/s.m	Expoente de Fluxo de Ar (n)
Paredes internas	0,019	0,75
Paredes externas	0,0004	0,70
Janelas	0,003	0,60
Portas internas	0,02	0,60
Portas externas	0,003	0,66
Cobertura	0,0002	0,70

Fonte: Designbuilder Software Ltd (2009)

### 3.3.2 Modelagem para etiquetagem parcial da envoltória (PROCEL – RTQ-C)

Uma etiqueta de conservação de energia (ENCE) é um documento emitido no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) regulamentado e fiscalizado pelo Inmetro, que informa a eficiência energética de edificações utilizando uma escala que vai de A (mais eficiente) à E (menos eficiente), existindo 02 regulamentos específicos: o RTQ-C- Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência

Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos e o RTQ-R- Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais. Para edifícios comerciais, de serviços e públicos, a avaliação dos sistemas pelo RTQ-C pode ser realizada segundo dois métodos – prescritivo e simulação termoenergética. (PROCEL, 2014)

O método de simulação utiliza o consumo de energia como unidade de medida para a etiquetagem parcial da envoltória. No entanto, tal método adota parâmetros de simulação específicos e muitas vezes diferentes da situação de projeto. Em face dessa peculiaridade, foram caracterizados modelos específicos para serem utilizados nas simulações para a etiquetagem.

O procedimento consistiu em construir “modelos de referência” e “modelos reais” com características e parâmetros estabelecidos para 4 níveis de eficiência (A, B, C e D).

Destaca-se que os modelos reais e os de referência, dentro de cada nível (A, B, C e D), se diferenciam somente pelas características dos elementos da envoltória. Além disso, define-se um sistema de ar condicionado para cada zona térmica, ou seja, sem ventilação natural nos edifícios. Essas definições visam à avaliação isolada da envoltória.

A Tabela 3-4 apresenta os parâmetros comuns entre os modelos reais e os de referência (geometria e orientação, carga interna de equipamentos, padrões de uso, condicionamento e iluminação) e a Tabela 3-5 os parâmetros específicos de cada um (envoltória).

**Tabela 3-4: Etiquetagem parcial da envoltória: parâmetros comuns entre os modelos reais e os de referência.**

CARACTERÍSTICAS	MODELOS REAIS E DE REFERÊNCIA			
	Nível A	Nível B	Nível C	Nível D
Geometria - dimensões	Igual ao edifício projetado			
Orientação	Igual ao edifício projetado			
Carga Interna de equipamentos (DCI)	Igual ao edifício projetado			
Padrão de uso: Equipamentos e Pessoas	Igual ao edifício projetado			
Sistema de condicionamento de ar	Split (Área < 4.000 m <sup>2</sup> )			
Zonas térmicas	Um sistema para cada zona térmica			
Coeficientes de Eficiência Energética (COP)	3,23 W/W	3,02 W/W	2,81 W/W	2,6 W/W
Temperatura set point de resfriamento	24°C			
Temperatura de insuflamento	13°C			
Vazão de ar externo (ventilação mecânica) -> NBR 16401 - Sala de aula	5 L/s* pessoa ou 0,6 L/s*m <sup>2</sup>			
Vazão de ar externo (ventilação mecânica) -> NBR 16401 - Dormitórios coletivos	2,5 L/s* pessoa ou 0,3 L/s*m <sup>2</sup>			
Vazão de ar externo (ventilação mecânica) -> NBR 16401 - CPD/Escritórios	2,5 L/s* pessoa ou 0,3 L/s*m <sup>2</sup>			
Potência de Ventilação	Ventiladores com pressão estática total de 250 Pa e eficiência de 65%. Vazão de ar constante.			
Ventilação Natural	Nula			
Infiltração por frestas	Nula			
Densidade de Potência de Iluminação (Escola/Universidade)	10,7 W/m <sup>2</sup>	12,3 W/m <sup>2</sup>	13,9 W/m <sup>2</sup>	15,5 W/m <sup>2</sup>
Densidade de Potência de Iluminação (Escritório)	9,7 W/m <sup>2</sup>	11,2 W/m <sup>2</sup>	12,6 W/m <sup>2</sup>	14,1 W/m <sup>2</sup>
Densidade de Potência de Iluminação (Hospedagem, Dormitório)	6,6 W/m <sup>2</sup>	7,6 W/m <sup>2</sup>	8,6 W/m <sup>2</sup>	9,6 W/m <sup>2</sup>

Fonte: Elaborado pelo autor com base em ABNT (2008 ) e INMETRO (2017)

**Tabela 3-5: Etiquetagem parcial da envoltória: parâmetros específicos dos modelos reais e dos modelos de referência.**

CARACTERÍSTICAS	MODELO DE REFERÊNCIA				MODELO REAL
	Nível A	Nível B	Nível C	Nível D	Todos os níveis
Envoltória					
Percentual de Área de Abertura na Fachada total (PAF <sub>t</sub> )	Calculado	Calculado	Calculado	Calculado	Igual ao edifício projetado
Elementos de sombreamento	Ausentes				
Tipo de Vidro/Fator Solar	Vidro simples 3 mm/0,87				Igual ao edifício projetado
Trasmittância Térmica de cobertura	1 W/m <sup>2</sup> K	1,5 W/m <sup>2</sup> K	2,0 W/m <sup>2</sup> K	2,0 W/m <sup>2</sup> K	Igual ao edifício projetado
Absortância Térmica de cobertura	0,5	0,5	Igual ao edifício projetado	Igual ao edifício projetado	Igual ao edifício projetado
Trasmittância Térmica de paredes externas (Capacidade Térmica < 80 kJ/m <sup>2</sup> K)	2,5 W/m <sup>2</sup> K				Igual ao edifício projetado
Absortância Térmica de paredes externas	0,5	Igual ao edifício projetado	Igual ao edifício projetado	Igual ao edifício projetado	Igual ao edifício projetado

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com relação aos percentuais de área de abertura na fachada (PAF<sub>t</sub>) dos modelos de referência (Tabela 3-5), estes foram calculados com base na Equação 3-1, conforme estabelece BRASIL (2010) para edifícios com área de projeção menor que 500 m<sup>2</sup> na Zona Bioclimática 8.

$$PAF_T = \frac{454,47xFA - 1641,37xFF + 7,06xFS + 0,31xAVS - 0,29xAHS + 718 - IC_{env}}{-33,47 + 1,27xAVS + 0,33xAHS}$$

**Equação 3-1**

Onde:

$IC_{env}$ : Indicador de Consumo da envoltória (adimensional);

$A_{tot}$ : Área total construída ( $m^2$ );

$A_{env}$ : Área da envoltória ( $m^2$ );

$A_{pcob}$ : Área de projeção da cobertura ( $m^2$ );

$AVS$ : Ângulo Vertical de Sombreamento (deve ser considerado igual a 0);

$AHS$ : Ângulo Horizontal de Sombreamento (deve ser considerado igual a 0);

$FF$ : Fator de Forma,  $(A_{env}/V_{tot})$  (Limite máximo = 0,48);

$FA$ : Fator Altura,  $(A_{pcob}/A_{tot})$ ;

$FS$ : Fator Solar;

$PAF_t$ : Percentual de Abertura na Fachada total (adimensional, para uso na equação);

$V_{tot}$ : Volume total da edificação ( $m^3$ ).

O  $PAF_t$  de cada nível de eficiência (A, B, C e D) vai se diferenciar somente em função do  $IC_{env}$  de cada nível, uma vez que as outras variáveis permanecem com os mesmos valores para todos os níveis.

O  $IC_{env}$  de cada nível, por sua vez, é calculado com base no  $IC_{máxD}$  que representa o indicador máximo que a edificação deve atingir para obter a classificação D, de acordo com a Tabela 3-6.

**Tabela 3-6:  $IC_{env}$  para cada nível de eficiência energética.**

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín	-	$IC_{máxD} - 3i + 0,01$	$IC_{máxD} - 2i + 0,01$	$IC_{máxD} - i + 0,01$	$IC_{máxD} + 0,01$
Lim Máx	$IC_{máxD} - 3i$	$IC_{máxD} - 2i$	$IC_{máxD} - i$	$IC_{máxD}$	-

Fonte: Elaborado pelo autor com base em BRASIL (2010).

O valor da variável  $i$  discriminada na Tabela 3-6 é dado pela Equação 3-2.

$$i = \frac{(IC_{máxD} - IC_{min})}{4}$$

**Equação 3-2**

Onde:

$IC_{máxD}$ : Indicador máximo que a edificação deve atingir para obter a classificação D (adimensional);

$IC_{min}$ : Indicador de consumo mínimo (adimensional)

Calcula-se o  $IC_{máxD}$  e o  $IC_{min}$  por meio da mesma Equação 3-1, mas com os parâmetros de entrada fornecidos pela Tabela 3-7.

**Tabela 3-7: Parâmetros para o cálculo do  $IC_{máxD}$  e o  $IC_{min}$ .**

	PAF <sub>T</sub>	FS	AVS	AHS
$IC_{máxD}$	0,60	0,61	0	0
$IC_{min}$	0,05	0,87	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor com base em BRASIL (2010).

### 3.3.3 Análise das cargas térmicas e consumo energético simulado

Foi analisada a coerência do modelo do caso base, bem como o comportamento das cargas térmicas. Identificaram-se as causas para o aumento da carga térmica nos ambientes e a ocorrência de atrasos térmicos. Foram utilizados gráficos para uma semana de janeiro e uma em julho que representariam os extremos climáticos da região. Também foram apresentados os comportamentos térmicos para um dia do mês de janeiro e um dia para o mês de julho.

Em seguida, analisou-se para o clima de Natal-RN o consumo energético de cada edifício. Obteve-se o consumo anual simulado, bem como a parcela deste utilizada para resfriamento que denominamos “consumo base”. Este consumo serviu de referência para se analisar e comparar os impactos e a influência das soluções construtivas testadas.

### 3.3.4 Nível de eficiência energética da Envolvória (PROCEL – RTQ-C)

Além da avaliação inicial de cargas térmicas e consumo energético, o primeiro estágio envolve ainda a avaliação do desempenho energético da envoltória por meio do processo de etiquetagem do RTQ-C, método de simulação. Objetivou-se conhecer a classe original de eficiência energética da envoltória dos edifícios analisados o que serviu, sobretudo, como outra referência para se analisar e comparar os impactos e a influência das soluções construtivas testadas.

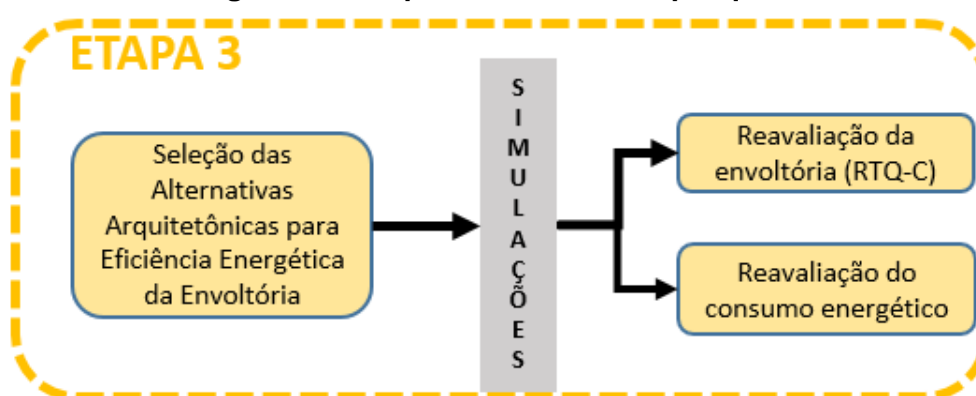


O procedimento consistiu em comparar dentro de cada nível (A, B, C e D) o consumo energético dos respectivos modelos de referência e real. O nível de eficiência da envoltória do edifício foi aquele em que o consumo de energia do respectivo modelo real foi igual ou menor ao consumo do modelo de referência associado.

### 3.4 ETAPA 3: IMPLANTAÇÃO DAS ALTERNATIVAS CONSTRUTIVAS

A etapa 3, pesquisa experimental (Figura 3-9), consistiu inicialmente em definir alternativas construtivas para serem implantadas nos edifícios analisados. Realizaram-se, nos mesmos moldes da etapa 2, novas simulações a fim de obter o consumo energético (total e para resfriamento) e a etiqueta da envoltória dos edifícios, desta vez alterados com a implantação de cada alternativa. Em seguida, os resultados foram comparados com os da etapa 2 o que permitiu identificar os impactos no desempenho energético e no consumo de energia para resfriamento. A fim de evidenciar o potencial das alternativas de forma mais abrangente, comparou-se também os resultados em relação àquela que havia gerado o maior consumo anual (pior caso).

**Figura 3-9: Etapa 3 do método da pesquisa.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 3.4.1 Definição das alternativas construtivas a serem testadas

Em face da especificidade dos objetivos da pesquisa, a definição das soluções construtivas levou em consideração as circunstâncias em que se insere o programa PROINFÂNCIA/FNDE. Trata-se de um projeto padrão concebido para ser edificado em qualquer cidade brasileira, inclusive naquelas mais distantes dos grandes centros, onde pode haver escassez de mão-de-obra especializada e um fornecimento

deficiente de determinados materiais. Em suma, as soluções elegíveis para análises teriam também que ser exequíveis, preferencialmente utilizando serviços e materiais que constassem nas planilhas orçamentárias originais do projeto.

As características do projeto arquitetônico também foram observadas. Buscaram-se aquelas estratégias que provocassem as menores alterações possíveis no projeto.

Nesse contexto e com base na revisão bibliográfica, que destacou a eficiência de alternativas relacionadas à proteção solar das aberturas e aos materiais e cores da cobertura, foram selecionadas para a pesquisa seis alternativas construtivas relacionadas à cobertura que objetivaram, sobretudo, analisar e se valer dos benefícios de uma baixa absorção. Foram explorados também uma alternativa relacionada à proteção solar das aberturas (sombreamento do tipo “caixa de ovo”) e um vidro reflexivo.

A absorção e emissividade de superfícies e cores e as propriedades térmicas dos materiais utilizados nas tabelas Tabela 3-8 a Tabela 3-13 foram obtidas da NBR 15.220 (ABNT, 2005), bem como de catálogo de fornecedores.

A seguir, apresentam-se as características das alternativas que foram exploradas:

**Alternativa “a”: Telha cerâmica colonial com forro gesso ( $U = 2,15 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$  e  $\alpha = 0,80$ )**

Essa alternativa consiste em utilizar as mesmas telhas cerâmicas colonial previstas em projeto, porém substituindo o forro de laje original por um forro de gesso, o que altera a transmitância térmica para  $2,15 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ . (Tabela 3-8)

**Tabela 3-8: Características da alternativa “a”.**

Camada	Material	Densidade de		Condutividade térmica ( $\lambda$ ) ( $\text{W}/\text{m}.\text{K}$ )	Calor específico ( $c$ ) ( $\text{kJ}/\text{kg}.\text{K}$ )	Resist.(R) ( $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$ )
		Espessura (m)	massa aparente ( $\rho$ ) ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )			
1	Telha cerâmica colonial	0,01	2000	1,05	0,92	0,0095
2	Ar (Emissividade. $\epsilon = 0,9$ )					0,21
3	Gesso	0,0125	840	0,35	1	0,04
Resistência térmica superficial interna e externa						0,21
Resistência térmica total						0,47
Transmitância térmica total ( $\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$ )						2,15

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Alternativa “b”: Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada ( $U = 1,89 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$  e  $\alpha = 0,20$ )**

Essa alternativa consiste em reproduzir todas as características térmicas da cobertura prevista em projeto, exceto a absorvência térmica que se altera de 0,80 para 0,20 por meio da pintura de branco da superfície das telhas. (Tabela 3-9)

**Tabela 3-9: Características da alternativa “b”.**

Camada	Material	Espessura (m)	Densidade de massa aparente ( $\rho$ ) ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	Condutividade térmica ( $\lambda$ ) ( $\text{W}/\text{m}.\text{K}$ )	Calor específico ( $c$ ) ( $\text{Kj}/\text{kg}.\text{K}$ )	Resist.(R) ( $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$ )
1	Telha cerâmica colonial	0,01	2000	1,05	0,92	0,0095
2	Ar (Emissividade. $\varepsilon = 0,9$ )					0,21
3	Concreto	0,15	2200	1,75	1	0,09
4	Reboco	0,015	2000	1,15	1	0,01
	Resistência térmica superficial interna e externa					0,21
	Resistência térmica total					0,53
	Transmitância térmica total ( $\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$ )					1,89

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Alternativa “c”: Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso ( $U=2,15 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$  e  $\alpha = 0,20$ )**

Essa alternativa consiste em utilizar as mesmas telhas cerâmicas colonial previstas em projeto, porém substituindo o forro de laje original por um forro de gesso, além de pintar a superfície das telhas de branco. Tais medidas alteram a transmitância térmica para  $2,15 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$  e a absorvência térmica para 0,2 (Tabela 3-10).

**Tabela 3-10: Características da alternativa “c”.**

Camada	Material	Espessura (m)	Densidade de massa aparente ( $\rho$ ) ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	Condutividade térmica ( $\lambda$ ) ( $\text{W}/\text{m}.\text{K}$ )	Calor específico ( $c$ ) ( $\text{Kj}/\text{kg}.\text{K}$ )	Resist.(R) ( $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$ )
1	Telha cerâmica colonial	0,01	2000	1,05	0,92	0,0095
2	Ar (Emissividade. $\varepsilon = 0,9$ )					0,21
3	Gesso	0,0125	840	0,35	1	0,04
	Resistência térmica superficial interna e externa					0,21
	Resistência térmica total					0,47
	Transmitância térmica total ( $\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$ )					2,15

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Alternativa “d”: Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada ( $U=1,09 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$  e  $\alpha=0,25$ )**

Trata-se de aplicar telhas metálicas trapezoidais de espessura 0,65mm, em aço galvanizado, cuja emissividade e absorvância são mais baixas que as da telha cerâmica, 0,25. Mantém-se o forro de laje pré-moldada original. A cobertura passa a apresentar uma transmitância de  $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ . (Tabela 3-11)

**Tabela 3-11: Características da alternativa “d”.**

Camada	Material	Espessura (m)	Densidade de massa aparente ( $\rho$ ) ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	Condutividade térmica ( $\lambda$ ) ( $\text{W}/\text{m}.\text{K}$ )	Calor específico (c) ( $\text{Kj}/\text{kg}.\text{K}$ )	Resist.(R) ( $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$ )
1	Telha aço galvanizado	0,00065	7800	55	0,46	0,000012
2	Ar (Emissividade. $\epsilon = 0,25$ )					0,61
3	Concreto	0,15	2200	1,75	1	0,09
4	Reboco	0,015	2000	1,15	1	0,01
	Resistência térmica superficial interna e externa					0,21
	Resistência térmica total					0,92
	Transmitância térmica total ( $\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$ )					1,09

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Alternativa “e”: Telha metálica trapezoidal com forro de gesso ( $U= 1,17 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$  e  $\alpha=0,25$ )**

A alternativa consiste em um sistema de cobertura composto de telhas metálicas trapezoidais de espessura 0,65mm em aço galvanizado, com emissividade e absorvância de 0,25, associada a um forro de gesso. A transmitância resultante é de  $1,17 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ . (Tabela 3-12)

**Tabela 3-12: Características da alternativa “e”.**

Camada	Material	Espessura (m)	Densidade de massa aparente ( $\rho$ ) ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	Condutividade térmica ( $\lambda$ ) ( $\text{W}/\text{m}.\text{K}$ )	Calor específico (c) ( $\text{Kj}/\text{kg}.\text{K}$ )	Resist.(R) ( $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$ )
1	Telha aço galvanizado	0,00065	7800	55	0,46	0,000012
2	Ar (Emissividade. $\epsilon = 0,25$ )					0,61
3	Gesso	0,0125	840	0,35	1	0,04
	Resistência térmica superficial interna e externa					0,21
	Resistência térmica total					0,86
	Transmitância térmica total ( $\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$ )					1,17

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Alternativa “f”: Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso ( $U=0,5 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$  e  $\alpha = 0,22$ )**

A alternativa é composta por uma telha galvalume de espessura 0,65 mm, com injeção de poliuretano de 3 cm de espessura, e por uma segunda telha igual a primeira, e com a substituição do forro de laje por um forro de gesso. A sua transmitância calculada resulta em  $0,53 \text{ W/m}^2\text{.K}$ , absorptância de 0,22 e emissividade de 0,08 (Tabela 3-13).

**Tabela 3-13: Características da alternativa “f”.**

Camada	Material	Espessura (m)	Densidade de massa aparente ( $\rho$ ) ( $\text{kg/m}^3$ )	Condutividade térmica ( $\lambda$ ) ( $\text{W/m.K}$ )	Calor específico (c) ( $\text{kJ/kg.K}$ )	Resist.(R) ( $\text{m}^2\text{.K/W}$ )
1	Telha Galvalume	0,00065				0,02
2	Poliuretano	0,03	35	0,03	1,67	1,00
3	Telha Galvalume	0,00065				0,02
4	Ar (Emissividade. $\epsilon = 0,08$ )					0,61
5	Gesso	0,0125	840	0,35	1	0,04
Resistência térmica superficial interna e externa						0,21
Resistência térmica total						1,89
Transmitância térmica total ( $\text{W/m}^2\text{.K}$ )						0,53

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Alternativa “g”: Vidro refletivo**

Essa alternativa visa substituir os vidros simples especificados no projeto original, de espessura 6 mm e 10 mm, por um vidro refletivo, modelo Habitat Champanhe, da marca CEBRACE, de 3 mm laminado com vidro simples incolor de 3 mm (Fator Solar = 0,44). Foram alterados somente os vidros das janelas externas com área maior do que  $1 \text{ m}^2$ . Suas especificações técnicas foram obtidas junto ao representante comercial da marca na região e estão sintetizadas na Tabela 3-14.

**Tabela 3-14: Especificações técnicas do vidro refletivo Habitat Champagne da CEBRACE.**

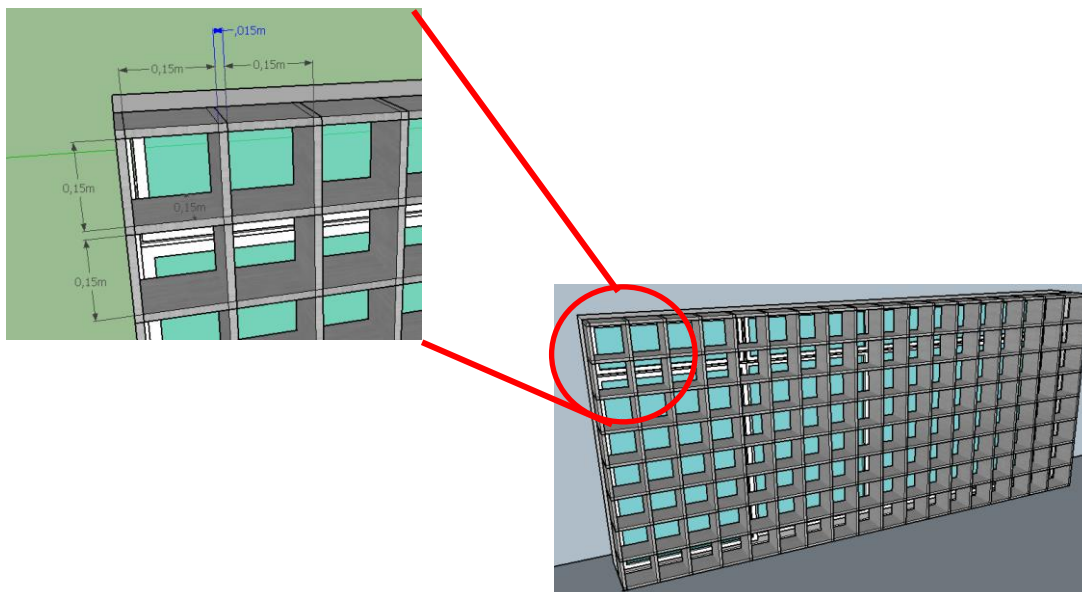
Dimensões de fabricação	
Espessura nominal	6,4 mm
Peso	15,4 kg/m <sup>2</sup>
Fatores Luminosos	
Transmitância	32 %
Refletância exterior	48 %
Refletância interior	52 %
Fatores Energéticos	
Transmitância	37 %
Refletância exterior	34 %
Refletância interior	35 %
Fatores Solares	
Fator Solar	0,44
Coefficiente de Sombreamento	0,51
Transmitância Térmica	
U =	5,7 W/(m <sup>2</sup> .K)

Fonte: Elaborado pelo autor.

### **Alternativa “h”: Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado**

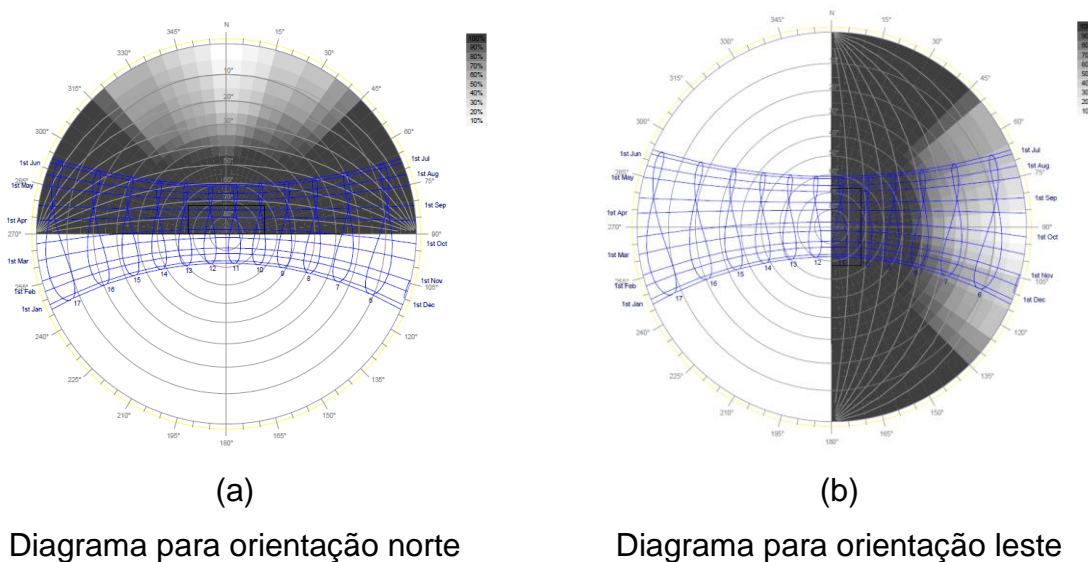
Essa alternativa visa aprimorar o sombreamento das aberturas mediante a implantação de estruturas do tipo “caixa de ovo”/gradeado de alumínio nas aberturas externas com área maior do que 1 m<sup>2</sup>. As aletas horizontais e verticais são fixas e possuem 1,5 cm de espessura e largura de 15 cm. O espaçamento entre elas também é de 15 cm (Figura 3-10). A Figura 3-11 apresenta os diagramas de máscaras de sombra do dispositivo para as orientações norte e leste em Natal/RN onde se evidencia sua eficácia principalmente para a orientação norte (100%). Na orientação leste, até às 8h da manhã, o percentual de sombreamento se reduz para cerca de 30%-40%. Os diagramas acima referidos foram construídos com o auxílio da ferramenta SunTool.

**Figura 3-10: Dispositivo de sombreamento das aberturas do tipo caixa de ovo utilizado nas análises.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 3-11: Diagramas de máscara de sombra dos dispositivos de sombreamento do tipo caixa de ovo obtidos com a ferramenta SunTool.**



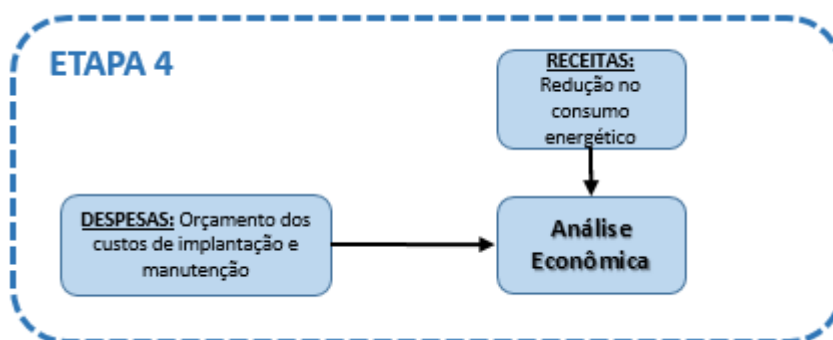
### 3.5 ETAPA 4: ANÁLISES ECONÔMICAS

As análises econômicas foram realizadas a partir da elaboração de um fluxo de caixa relativo à implantação de cada uma das soluções no caso base, onde constaram as respectivas receitas e despesas e a partir do qual se calculou o Valor Presente Líquido (VPL). (Figura 3-12 e Figura 3-13)

Em seguida, analisou-se a composição do VPL das soluções viáveis de cada edifício, identificando as parcelas relacionadas à variação do consumo de energia e à substituição dos materiais do caso base.

A fim de evidenciar o potencial das alternativas de forma mais abrangente, elaborou-se também fluxos de caixa de cada alternativa em relação àquela que resultou no maior consumo anual simulado (pior caso).

**Figura 3-12: Etapa 4 do método da pesquisa.**



Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 3-13: Modelo de Fluxo de caixa utilizado na pesquisa.

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%											
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>	
<b>Receitas</b>												
Redução Consumo de Energia Elétrica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Despesas</b>												
Implant./manut. Caso base	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Fluxo de Caixa</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>VPL</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Saldo Nominal</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Saldo Descontado</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>	
<b>Receitas</b>												
Redução Consumo de Energia Elétrica		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Despesas</b>												
Implant./manut. Caso base		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Fluxo de Caixa</b>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>VPL</b>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Saldo Nominal</b>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Saldo Descontado</b>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>	
<b>Receitas</b>												
Redução Consumo de Energia Elétrica		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Despesas</b>												
Implant./manut. Caso base		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Fluxo de Caixa</b>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>VPL</b>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Saldo Nominal</b>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Saldo Descontado</b>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>VPL</b>	-											

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Valor Presente Líquido é calculado a partir da Equação 3-3.

$$VPL = \left[ \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \frac{FC_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FC_n}{(1+i)^n} \right] - FC_0$$

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - FC_0$$

**Equação 3-3**

Onde:

$FC_0$  é o Fluxo de caixa (receitas menos despesas) verificado no momento zero (momento inicial).

$FC_j$  são os Fluxos de caixa (receitas menos despesas) previstos no projeto para cada intervalo de tempo

$i$  é a taxa de atratividade mínima

$n$  é o horizonte de avaliação econômica

Considerou-se 30 anos como horizonte das avaliações econômicas realizadas e, para a taxa de atratividade mínima, entendida como a meta econômica mínima a ser alcançada, foi considerada a taxa básica de juros da economia (taxa SELIC)<sup>1</sup>, que é de 7,50% para o mês de novembro/2017 (BRASIL, 2017).

Com base nesses parâmetros, a análise econômica consistiu em verificar se o VPL era positivo ou negativo. Em caso positivo, se evidencia a viabilidade da implantação da respectiva alternativa e, em caso negativo, o inverso.

As **despesas** nos fluxos de caixa de cada alternativa estudada são representadas pelos custos relacionados com a implementação da alternativa no caso base, bem como pelos custos de manutenção.

Como já definido anteriormente, o objeto de estudo dessa dissertação é o **projeto padrão TIPO B** do PROINFÂNCIA, que é a base para a construção de todas as unidades no país. Assim, a implantação das alternativas e seus respectivos custos não se restringiram somente às áreas correspondentes aos ambientes condicionados do CMEI Fernanda Jales, mas à área total dos edifícios analisados.

---

<sup>1</sup> Define-se Taxa Selic como a taxa média ajustada dos financiamentos diários apurados no Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (Selic) para títulos federais. Para fins de cálculo da taxa, são considerados os financiamentos diários relativos às operações registradas e liquidadas no próprio Selic e em sistemas operados por câmaras ou prestadores de serviços de compensação e de liquidação (art. 1º da Circular nº 2.900, de 24 de junho de 1999, com a alteração introduzida pelo art. 1º da Circular nº 3.119, de 18 de abril de 2002). (BRASIL, 2018)

Utilizaram-se, preferencialmente, os preços obtidos do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI, data do preço de agosto de 2017, coleta mediana, Natal/RN, publicado pela Caixa Econômica Federal - CEF, que é um índice de custo da construção civil amplamente utilizado por profissionais e empresas que atuam no setor de construções e no setor público. (CEF, 2017)

Nos preços são considerados encargos sociais de 116,74% (CEF, 2017) sobre os preços da mão de obra. Foi ainda considerado um percentual de 25% aos preços, referente à Bonificação e Despesas Indiretas (BDI), a fim de contemplar o lucro almejado pelo construtor e demais despesas indiretas da obra.

Quando não encontrado um determinado serviço, recorreu-se a composições similares no próprio SINAPI, adaptando-as quando necessário, e ao mercado local em busca de preços de insumos específicos.

Numa segunda análise, no tocante à viabilidade econômica das estratégias em relação àquela que gerou o maior consumo energético anual (pior caso), as despesas nos respectivos fluxos de caixa são dadas pela equação abaixo:

$$D'_i = D_i - D_{pior}$$

**Equação 3-4**

*Onde:*

*$D'_i$  são as despesas de implantação de cada alternativa no modelo hipotético caracterizado com a solução que resultou no maior consumo anual (pior caso);*

*$D_i$  são as despesas de implantação de cada alternativa no caso base;*

*$D_{pior}$  são as despesas de implantação, no caso base, da alternativa que resultou no maior consumo anual (pior caso);*

As **receitas** nos fluxos de caixa de cada solução arquitetônica estudada são representadas exclusivamente pela eventual redução do consumo de energia em relação ao caso base decorrente da implementação de uma determinada alternativa.

A redução no consumo de energia (kWh), obtida por meio das simulações computacionais, foi multiplicado por um valor de tarifa calculado pela média das tarifas cobradas nos últimos 12 meses da creche CMEI Fernanda Jales, do tipo B construída em Natal/RN, que é de R\$ 0,53 (Tabela 3-15). O CMEI Fernanda Jales está enquadrado no grupo tarifário “B3 Poder Público Municipal trifásico” e na tarifa estão

incluídos os impostos (ICMS, PIS e COFINS). O valor dessa tarifa ao longo do período de análise foi considerado constante.

**Tabela 3-15: Tarifas de energia elétrica aplicadas no CMEI Fernanda Jales de maio/2016 a maio/2017.**

Tarifa de energia elétrica aplicada (R\$)											
mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16	out/16	nov/16	dez/16	jan/17	fev/17	mar/17	abr/17
0,51	0,53	0,53	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,49
Média						R\$	0,53				

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto à verificação da viabilidade econômica das estratégias em relação àquela que gerou o maior consumo energético anual (pior caso), as receitas nos respectivos fluxos de caixa são dadas pela equação abaixo:

$$R'_i = (C_{pior} - C_i) \times 0,53$$

**Equação 3-5**

*Onde:*

*R'<sub>i</sub> são as receitas decorrentes da implantação de cada alternativa em um modelo hipotético caracterizado com a solução que resultou no maior consumo anual (pior caso);*

*C<sub>pior</sub> é o consumo anual simulado do “pior caso”;*

*C<sub>i</sub> é o consumo anual simulado de cada alternativa.*

Ressalte-se, por fim, que não foram consideradas como benefício a possível redução da demanda contratada e redução de demanda de ponta.

## 4 ANÁLISES E RESULTADOS

Este capítulo apresenta o diagnóstico energético inicial dos prédios, as análises dos impactos da implantação em relação ao consumo de energia para resfriamento, ao nível de eficiência da envoltória (RTQ-C) e à viabilidade econômica, com uma análise comparativa desses aspectos.

### 4.1 AVALIAÇÃO INICIAL DO CASO BASE

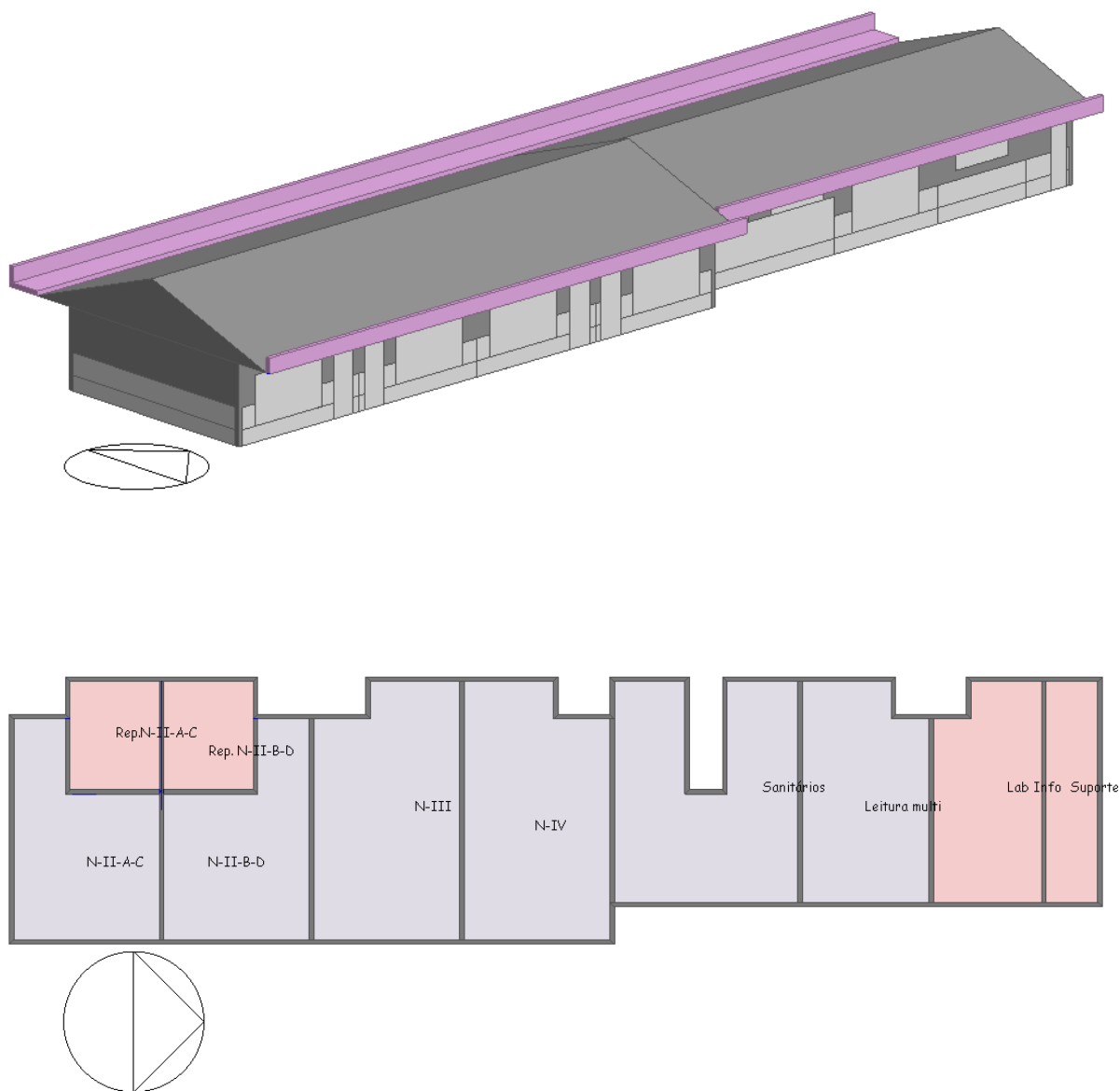
Inicialmente, expõem-se os dados e parâmetros que resultaram da pesquisa documental e da vistoria *in loco* do CMEI Fernanda Jales e que foram utilizados na modelagem computacional. Em seguida, apresenta-se o diagnóstico inicial dos edifícios analisados, tanto pelo comportamento das cargas térmicas e consumo energético, como por meio da etiquetagem (RTQ-C).

#### 4.1.1 Edifício I

O edifício I possui área de 273,84 m<sup>2</sup>. Com base nos projetos e na vistoria *in loco*, foram estabelecidas, durante a modelagem, 10 (dez) zonas térmicas assim denominadas (Figura 4-1):

- Creche Nível II - Turmas A e C (NII-A/C);
- Repouso Nível II - Turmas A e C (NII-A/C);
- Creche Nível II - Turmas B e D (NII-B/D);
- Repouso Nível II - Turmas B e D (NII-B/D);
- Creche Nível III (NIII);
- Creche Nível IV (NIV);
- Sanitários;
- Sala Multiuso;
- Laboratório de Informática;
- Suporte;

**Figura 4-1: Modelo computacional do edifício I e zonas térmicas.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

O edifício possuía cerca de 41% de área condicionada relativo às seguintes zonas térmicas: Creche Nível II - Turmas A e C (NII-A/C), Repouso Nível II - Turmas A e C (NII-A/C), Creche Nível II - Turmas B e D (NII-B/D), Repouso Nível II - Turmas B e D (NII-B/D), Creche Nível III (NIII) e Creche Nível IV (NIV)

A Tabela 4-1 a seguir discrimina os dias do ano em que não há atividades no edifício I, com base no ano-calendário de 2017.

**Tabela 4-1: Períodos de não atividade no edifício I.**

Feriado	Início	No. Dias
Ano novo	01/jan	1
Santos Reis	06/jan	1
Carnaval	2a. Segunda-feira de Fevereiro	3
Semana Santa	1a. Quinta-feira de Abril	2
Tiradentes	21/abr	1
Dia do Trabalho	01/mai	1
Corpus Christi	15/jun	1
São Pedro	29/jun	1
Interno	11/ago	1
Independência	07/set	1
Mártires	03/out	1
N.S.Conceição	12/out	1
Finados	02/nov	1
Proc. República	15/nov	1
N.S.Apresentação	21/nov	1
Natal	24/dez	2
Reveillon	31/dez	1
Férias Início do Ano	01/jan	43
Férias Meio do Ano	Última segunda-feira de Junho	15
Férias Fim do Ano	25/dez	7
Total		86

Fonte: Elaborado pelo autor.

As zonas térmicas “Repouso NII-A/C”, “Repouso NII-B/D”, “Sanitários”, “Laboratório de Informática” e “Suporte” não são zonas de ocupação permanentes e, portanto, não mantêm uma rotina estabelecida de uso.

Os dados e parâmetros complementares para a modelagem e simulações coletados do CMEI Fernanda Jales se encontram no apêndice 1: rotinas de uso e ocupação (Tabela 6-1 a Tabela 6-5), densidade de cargas internas (Tabela 6-6) padrões de uso de iluminação e equipamentos (Tabela 6-8 a Tabela 6-13), dados e padrões de uso da climatização (Tabela 6-14 a Tabela 6-16).

Além desses, consta também no apêndice 1, as densidades de potência de iluminação de cada zona, calculadas a partir das potências de iluminação instalada as quais foram obtidas diretamente do projeto (Tabela 6-7).

As temperaturas do solo obtidas por meio da ferramenta Slab, do EnergyPlus, estão apresentadas na Tabela 4-2.

**Tabela 4-2: Temperaturas de solo do edifício I.**

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>T (°C)</b>	29,0	28,7	28,3	28,1	27,8	27,6	27,2	27,1	27,4	27,4	27,7	28,2

Fonte: Elaborado pelo autor.

## Análise das cargas térmicas

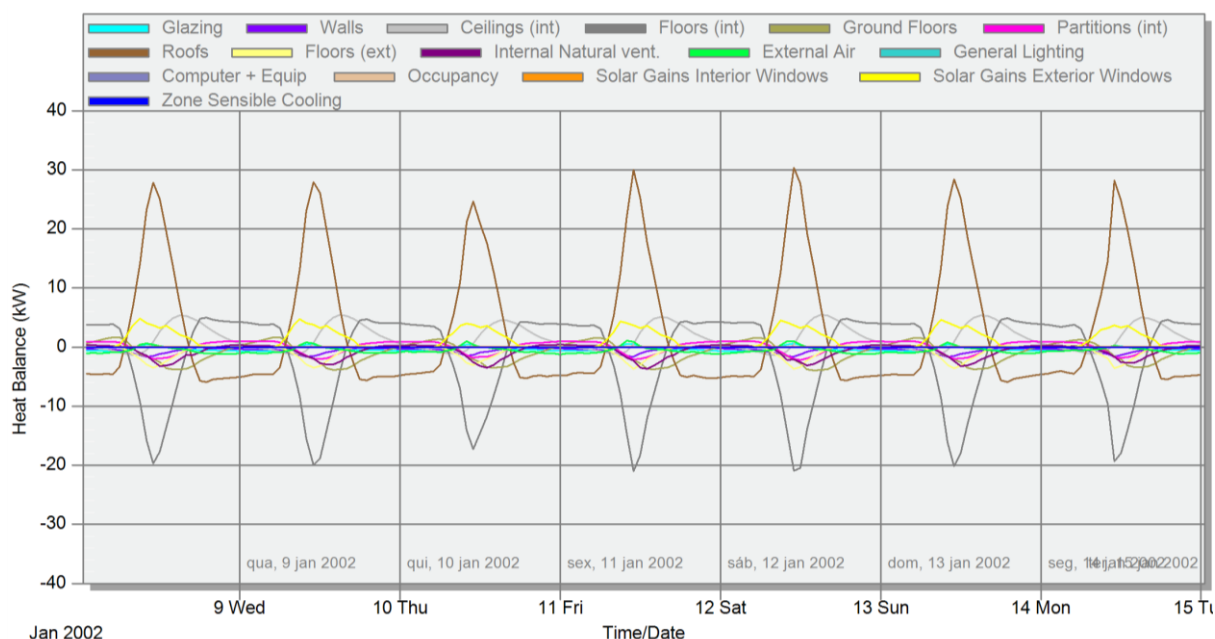
As Figuras Figura 4-2 e Figura 4-4 demonstram o comportamento das cargas térmicas, de uma semana de janeiro e uma em julho que representariam os extremos climáticos da região. Também são apresentados os comportamentos térmicos para um dia do mês de janeiro e um dia para o mês de julho (Figura 4-3 e Figura 4-5).

Os resultados das simulações (Figura 4-2 a Figura 4-5) evidenciam que, no horário de funcionamento da creche (7h – 17h), o sistema construtivo de onde advém a maior contribuição de cargas térmicas é o telhado (“roof” – *linha marrom*), seguido das aberturas envidraçadas nas fachadas (“solar gains exterior Windows” – *linha amarela*).

Observa-se também uma repetição diária da contribuição dos diversos componentes, tendo picos de ganhos térmicos em horários próximos do meio do dia (Figura 4-2 a Figura 4-5).

Destaca-se também a alta contribuição dos ocupantes no ganho térmico (“occupancy” – *linha marrom clara*), a qual pode ser verificada somente nos meses de funcionamento da creche (Figura 4-4 e Figura 4-5). No mês de janeiro e alguns dias em julho, o edifício I não é ocupado tendo em vista as férias escolares.

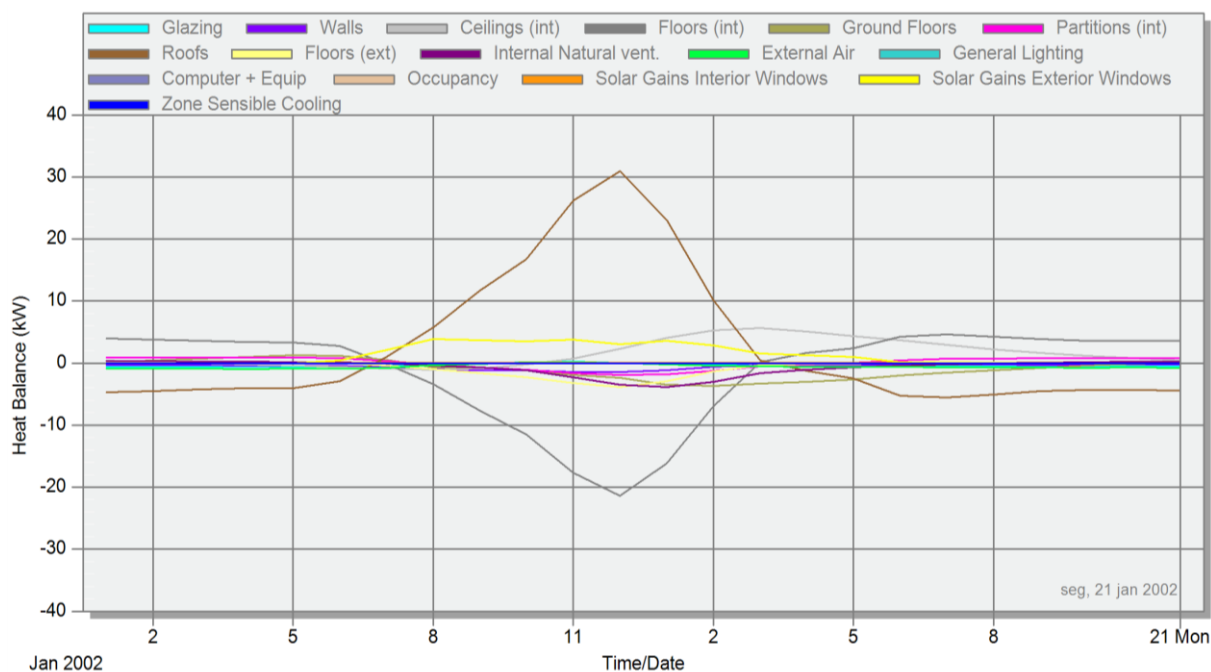
**Figura 4-2: Cargas térmicas horárias para a segunda semana de janeiro do edifício I.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

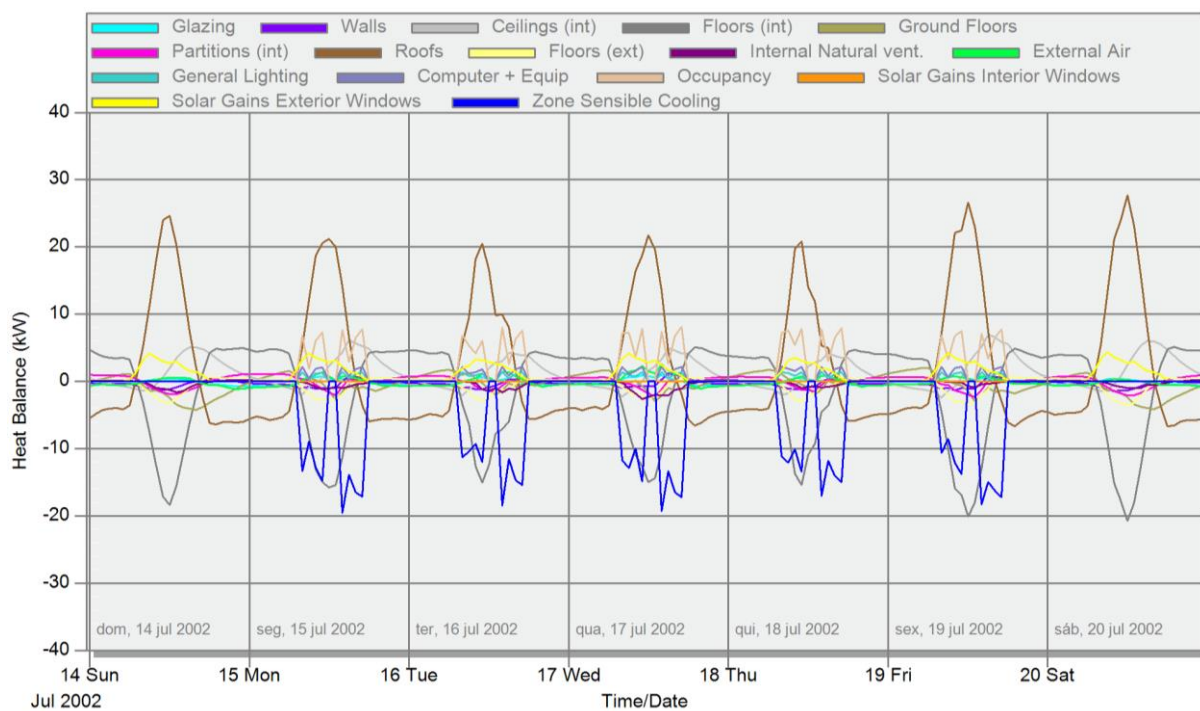


**Figura 4-3: Cargas térmicas horárias para o dia 20 de janeiro do edifício I.**



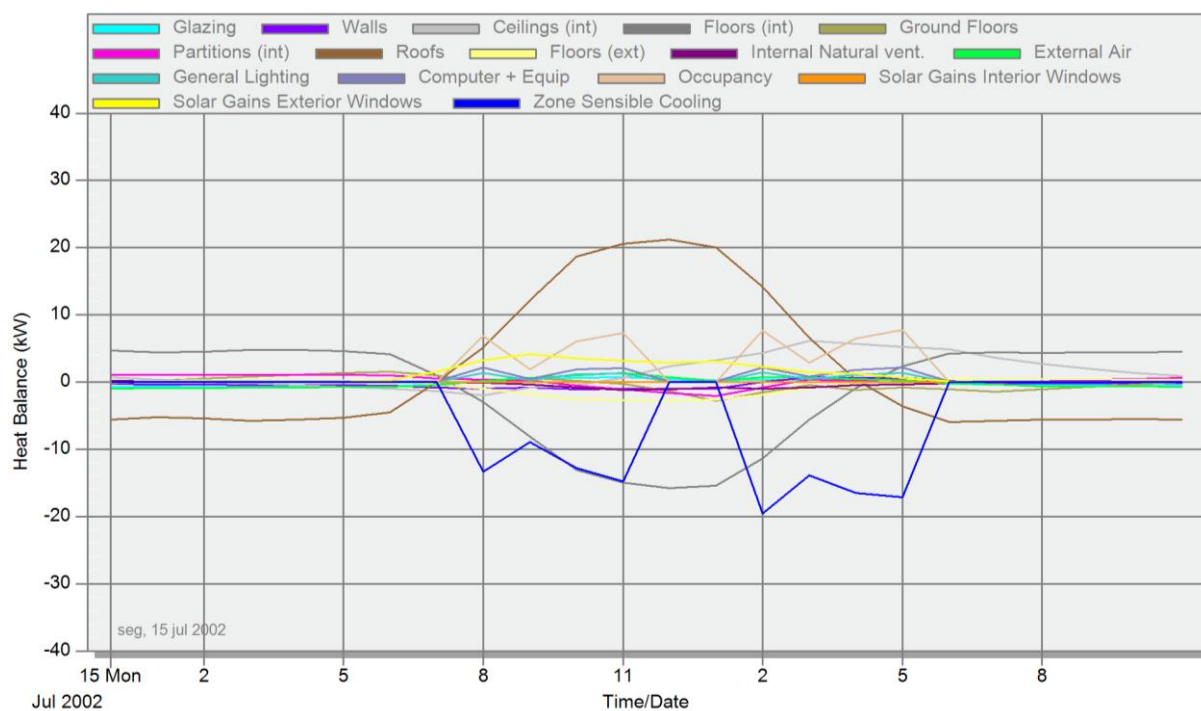
Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 4-4: Cargas térmicas horárias para uma semana de julho do edifício I.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

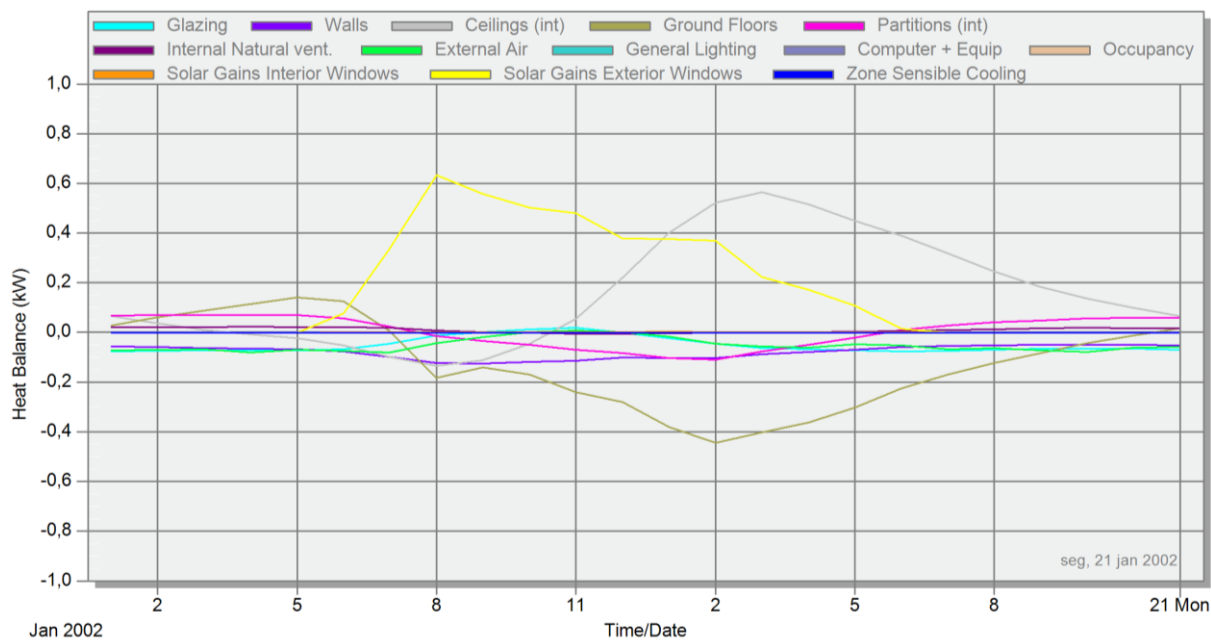
**Figura 4-5: Cargas térmicas horárias para o dia 15 de julho do edifício I.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com relação ao telhado, ao se analisar isoladamente os ambientes internos, observa-se que os outros elementos do sistema de cobertura (câmara de ar e laje de concreto) conseguem promover um atraso térmico favorável para essas áreas. A curva cinza da Figura 4-6 representa a carga térmica advinda do forro na sala NII-A/C do edifício I. Verifica-se que somente a partir das 11 horas aproximadamente é que o ambiente passa a ganhar calor advindo da cobertura, atingindo seu pico às 15 horas aproximadamente, próximo do encerramento das atividades da creche.

**Figura 4-6: Cargas térmicas horárias para o dia 20 de janeiro na sala NII-A/C do edifício I.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

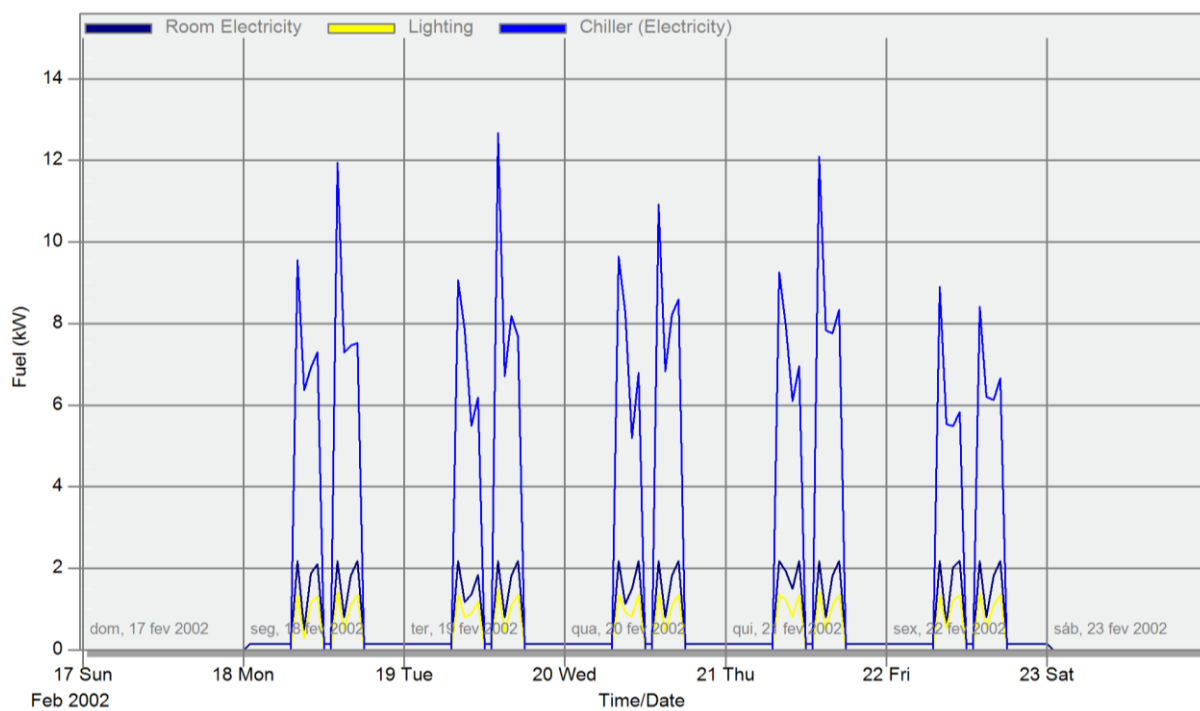
## Consumo de Energia

A simulação do projeto do edifício I revelou um consumo total de 44,35 kWh/m<sup>2</sup>/ano, sendo 30,74 kWh/m<sup>2</sup>/ano o consumo para resfriamento (consumo base).

Como não há atividades no edifício I no mês de janeiro, tomou-se o mês de fevereiro, além do mês de julho, para se analisar o consumo de energia nos extremos climáticos da região.

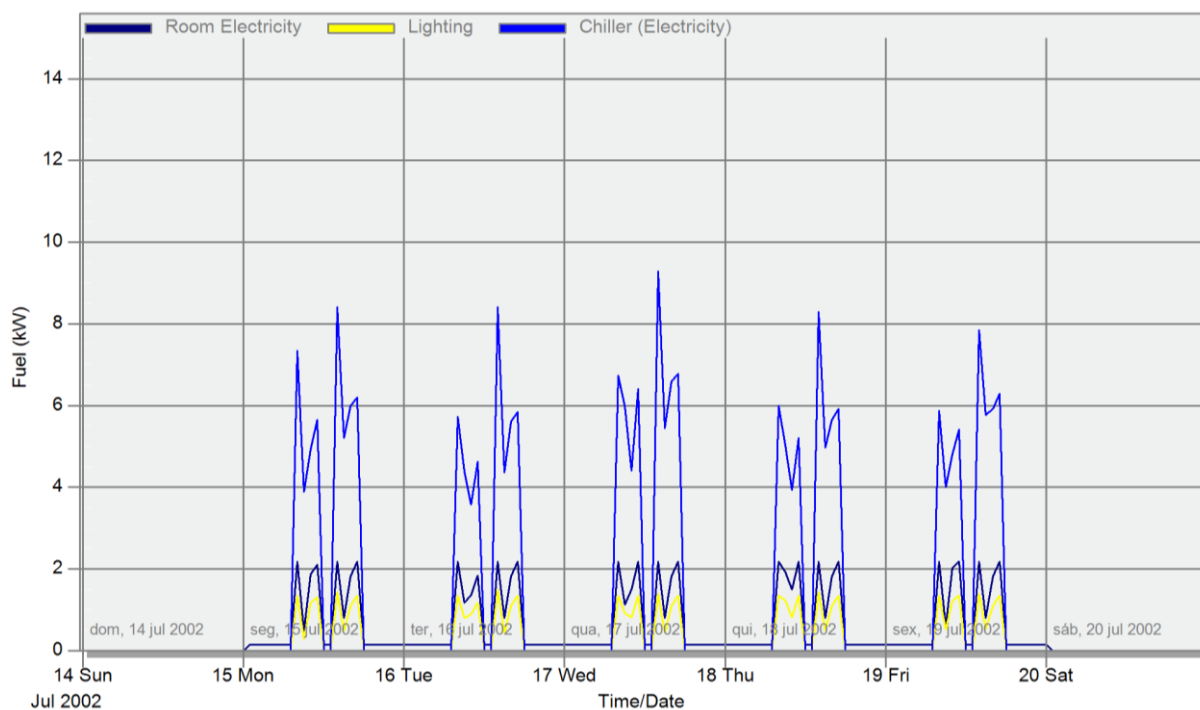
As Figuras Figura 4-7 e Figura 4-8 demonstram o consumo por uso final em uma semana de fevereiro e julho. Evidencia-se que a contribuição dos equipamentos de climatização (*“chiller”* - *linha azul clara*) é muito superior aos outros componentes - iluminação (*“lighting”* – *linha amarela*) e equipamentos (*“room electricity”* – *linha azul escura*). Além disso, o consumo dos equipamentos de climatização no mês de fevereiro (Figura 4-7) é superior ao do mês de julho (Figura 4-8), em virtude de uma maior carga térmica nos primeiros meses do ano (verão). Ressalte-se que, apesar do Design Builder discriminar *“Chiller”* (legendas das Figuras Figura 4-7 e Figura 4-8), as curvas relacionadas (linhas azuis claras) representam o consumo do ar condicionado das unidades de *Split*.

**Figura 4-7: Consumo de energia elétrica horária por uso final do edifício I (fevereiro).**



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 4-8: Consumo de energia elétrica horária por uso final do edifício I (julho).**



Fonte: Elaborado pelo autor.

### Nível de Eficiência Energética da Envoltória

Os 4 níveis de percentual de área de abertura na fachada ( $PAF_t$ ) que foram adotados para os modelos de referências do método (A, B, C e D) para o edifício I estão discriminados na Tabela 4-3.

**Tabela 4-3: Percentual de área de abertura na fachada ( $PAF_t$ ) dos modelos de referências do RTQ-C para o edifício I.**

Nível Procel	$PAF_t$
Nível A	0,17
Nível B	0,30
Nível C	0,42
Nível D	0,55

Fonte: Elaborado pelo autor.

O consumo do modelo real do nível B resultou em 64,22 kWh/m<sup>2</sup>/ano, valor menor que o consumo do modelo de referência do nível B (66,00 kWh/m<sup>2</sup>/ano). Note-se que, para o nível A, o consumo do modelo real supera o do modelo de referência, o que determina o nível B para a eficiência energética do edifício I (Tabela 4-4).

**Tabela 4-4: Avaliação da Envoltória do Edifício I pelo RTQ-C – Consumos dos modelos (kWh/m<sup>2</sup>/ano).**

	Modelo de Referência	Modelo Real
Nível A	59,35	60,38
Nível B	66,00	64,22
Nível C	76,00	69,14
Nível D	83,08	74,69
Nível E		-

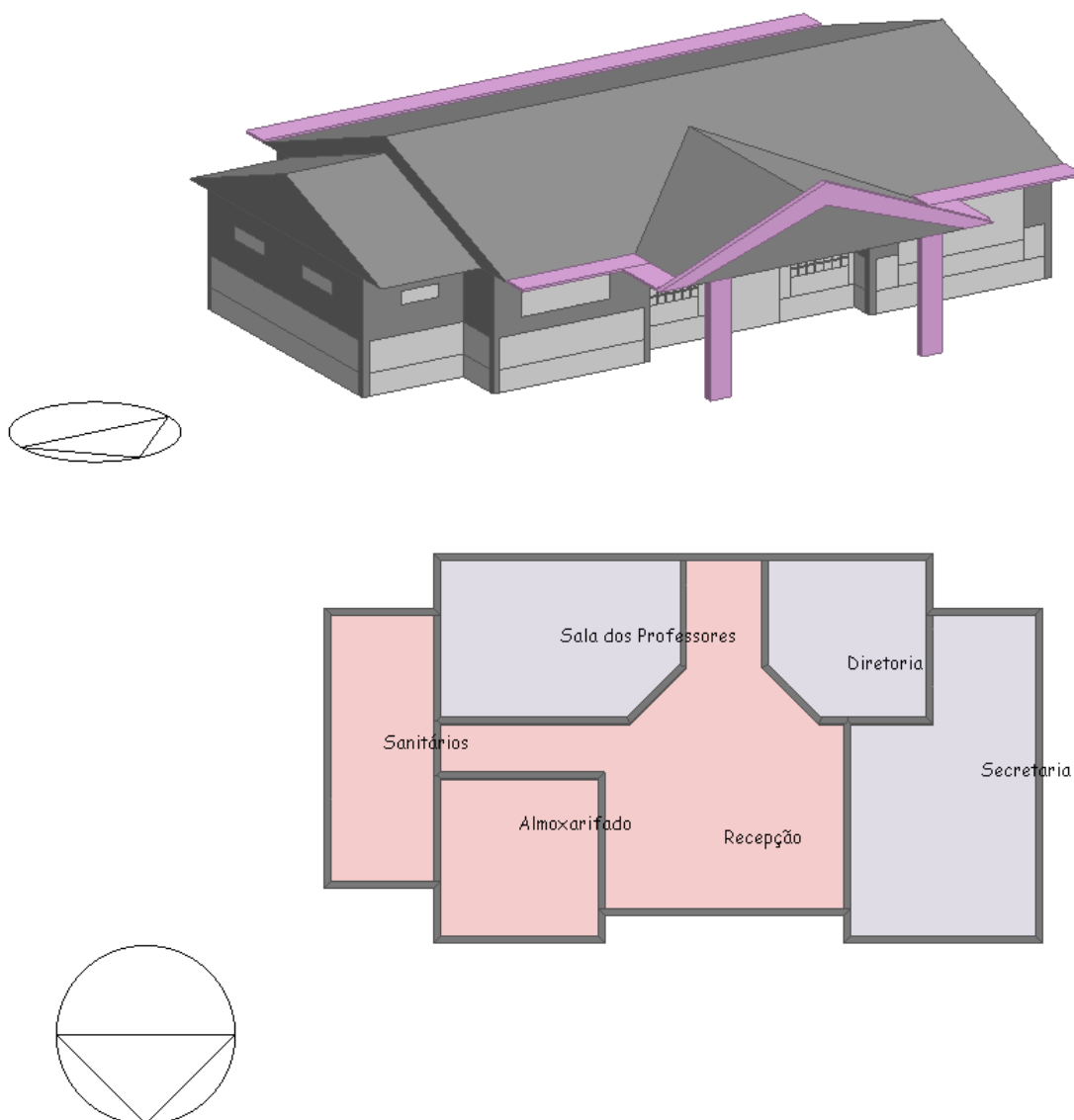
Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.1.2 Edifício II

O edifício II possui área de 174,63 m<sup>2</sup>. Com base nos projetos e na vistoria *in loco*, foram estabelecidas durante a modelagem 6 (seis) zonas térmicas assim denominadas (Figura 4-9):

- Sala dos Professores;
- Diretoria;
- Sanitários;
- Almoxarifado;
- Recepção;
- Secretaria;

**Figura 4-9: Modelo computacional do edifício II e zonas térmicas.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

O edifício possuía cerca de 31% de área condicionada relativo às seguintes zonas térmicas: Sala dos Professores, Diretoria e Secretaria.

A Tabela 4-5 a seguir discrimina os dias do ano em que não há atividades no edifício II, com base no ano-calendário de 2017.

**Tabela 4-5: Períodos de não atividade no edifício II.**

Feriado	Início	No. Dias
Ano novo	01/jan	1
Santos Reis	06/jan	1
Carnaval	2a. Segunda-feira de Fevereiro	3
Semana Santa	1a. Quinta-feira de Abril	2
Tiradentes	21/abr	1
Dia do Trabalho	01/mai	1
Corpus Christi	15/jun	1
São Pedro	29/jun	1
Interno	11/ago	1
Independência	07/set	1
Mártires	03/out	1
N.S.Conceição	12/out	1
Finados	02/nov	1
Proc. República	15/nov	1
N.S.Apresentação	21/nov	1
Natal	24/dez	2
Reveillon	31/dez	1
Total		21

Fonte: Elaborado pelo autor.

As zonas térmicas “Recepção”, “Almoxarifado” e “Sanitários” não são zonas de ocupação permanentes e, portanto, não mantêm uma rotina estabelecida de uso.

Da mesma forma que para o edifício I, os dados e parâmetros complementares para a modelagem e simulações se encontram no apêndice 2 (Tabela 6-17 a Tabela 6-31).

As temperaturas do solo obtidas por meio da ferramenta Slab, do EnergyPlus, estão apresentadas na Tabela 4-6.

**Tabela 4-6: Temperaturas de solo do edifício II.**

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>T (°C)</b>	28,5	28,6	28,5	28,4	28,2	27,9	27,6	27,5	27,8	27,7	28,0	28,4

Fonte: Elaborado pelo autor.

## Análise das cargas térmicas

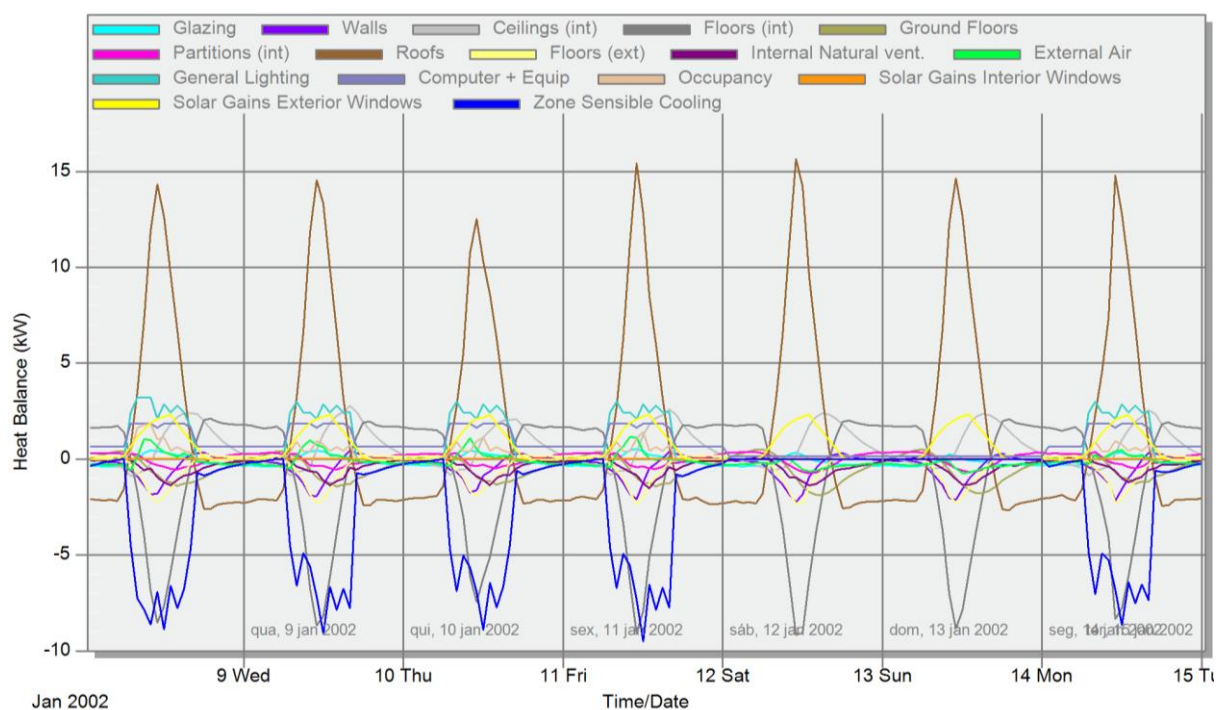
As Figuras 4-10 e 4-12 demonstram o comportamento das cargas térmicas, de uma semana de janeiro e uma em julho. Também são apresentados os comportamentos térmicos para um dia do mês de janeiro e um dia para o mês de julho (Figura 4-11 e Figura 4-13).

Assim como no edifício I, os resultados das simulações do edifício II (Figura 4-10 a Figura 4-13) evidenciam que, no horário de funcionamento do prédio (7h – 17h), o sistema construtivo de onde advém a maior contribuição de cargas térmicas é o telhado (“roof” – *linha marrom*), seguido das aberturas envidraçadas nas fachadas (“solar gains exterior Windows” – *linha amarela*).

Observa-se também uma repetição diária da contribuição dos diversos componentes, tendo picos de ganhos térmicos em horários próximos do meio do dia (Figura 4-10 a Figura 4-13).

Destaca-se ainda a alta contribuição da iluminação (“General lighting” – *linha ciano escuro*) e equipamentos (“Computer + Equip” – *linha azul fosco*) no ganho térmico, a qual pode ser verificada somente nos dias de funcionamento do edifício (Figura 4-10, Figura 4-12 e Figura 4-13). Por ser o prédio da administração, diferentemente do edifício I, o edifício II funciona todos os meses do ano.

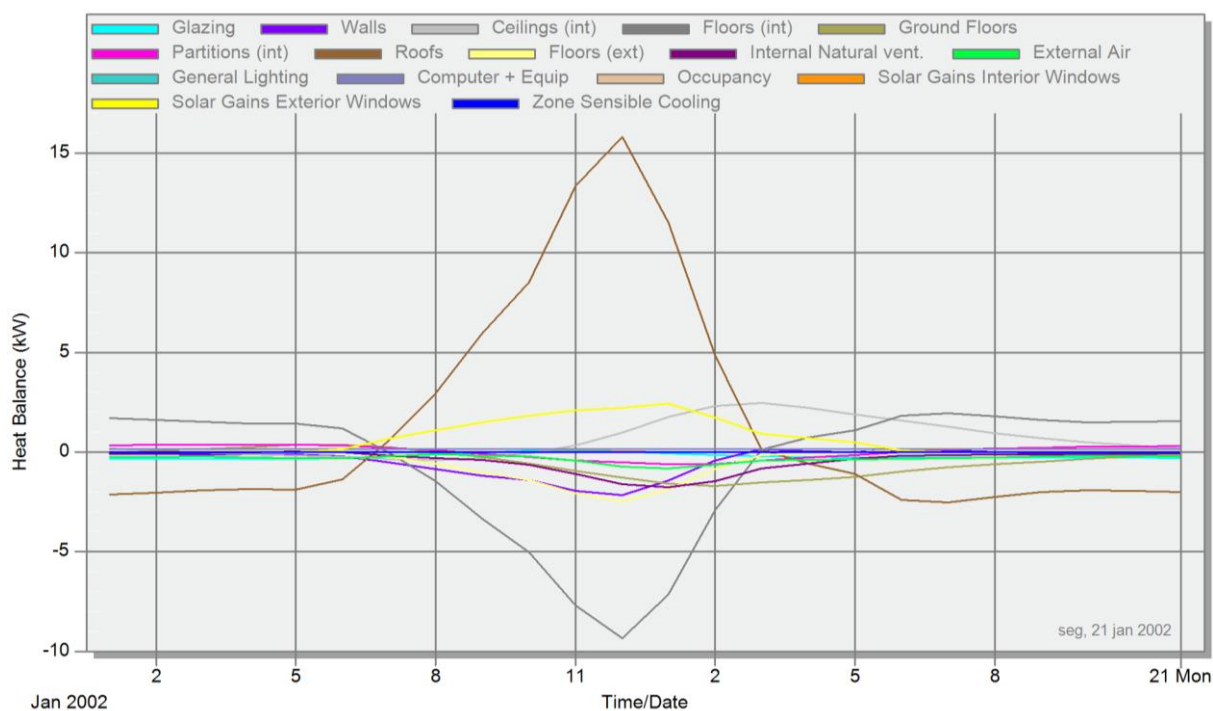
**Figura 4-10: Cargas térmicas horárias para a segunda semana de janeiro do edifício II.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

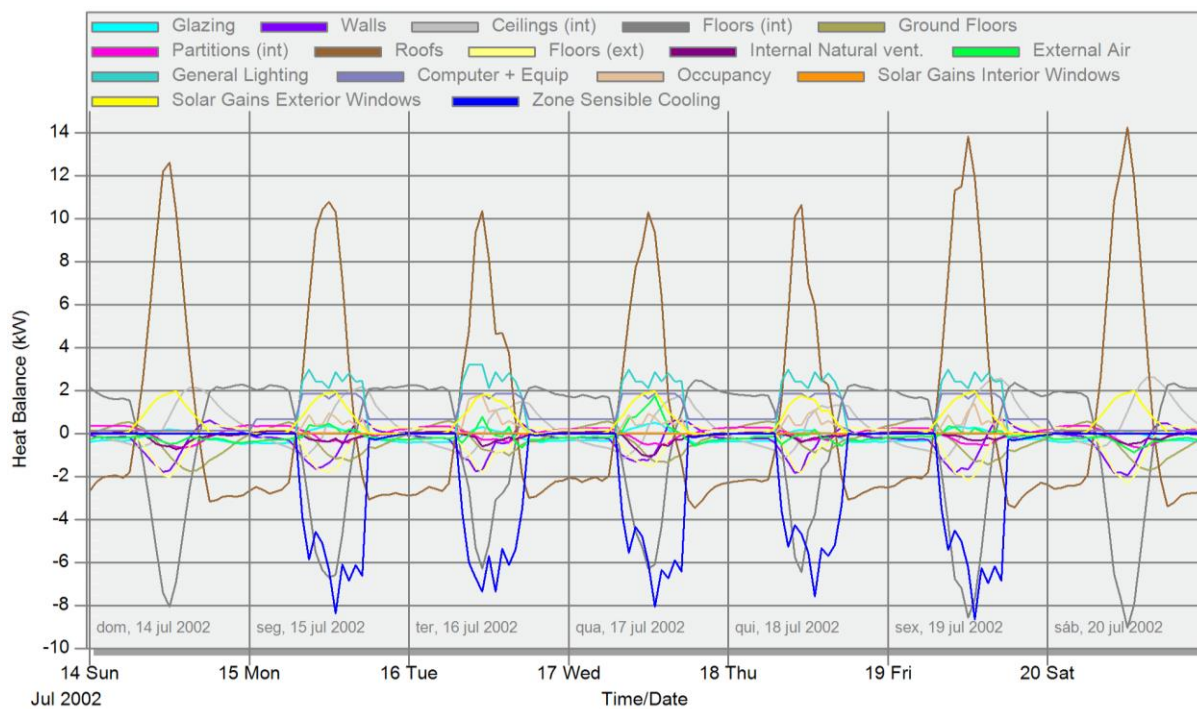


**Figura 4-11: Cargas térmicas horárias para o dia 20 de janeiro do edifício II.**



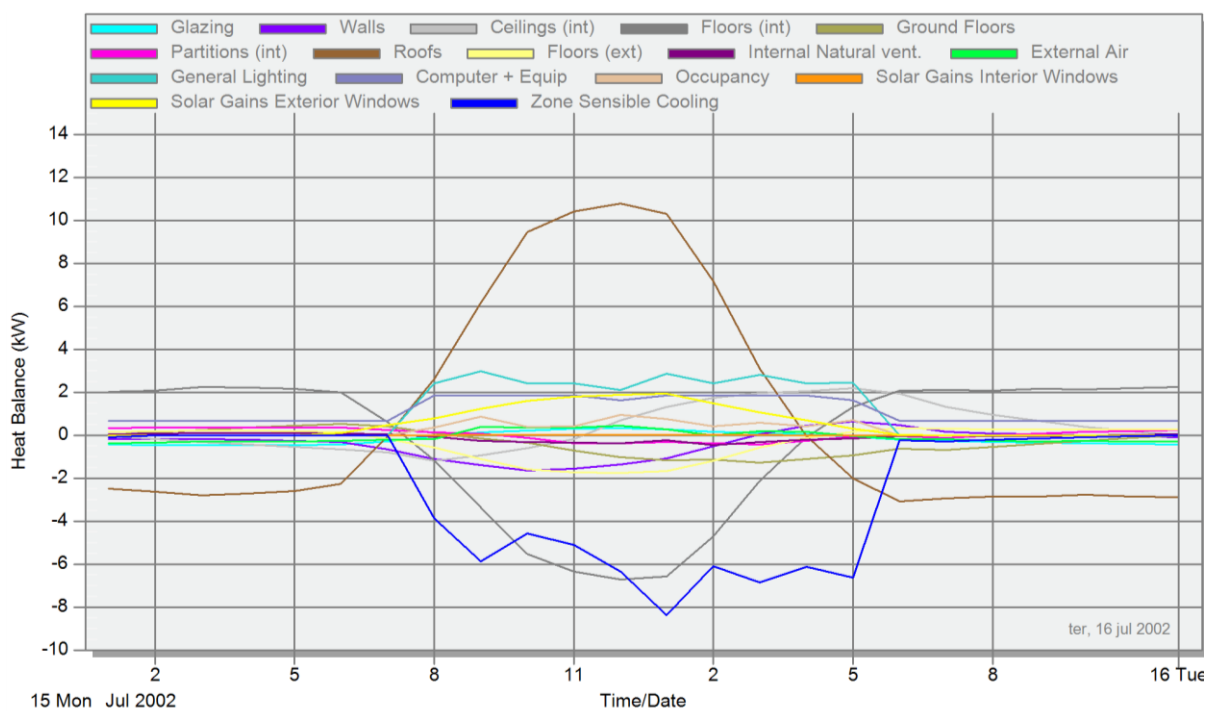
Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 4-12: Cargas térmicas horárias para uma semana de julho do edifício II.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

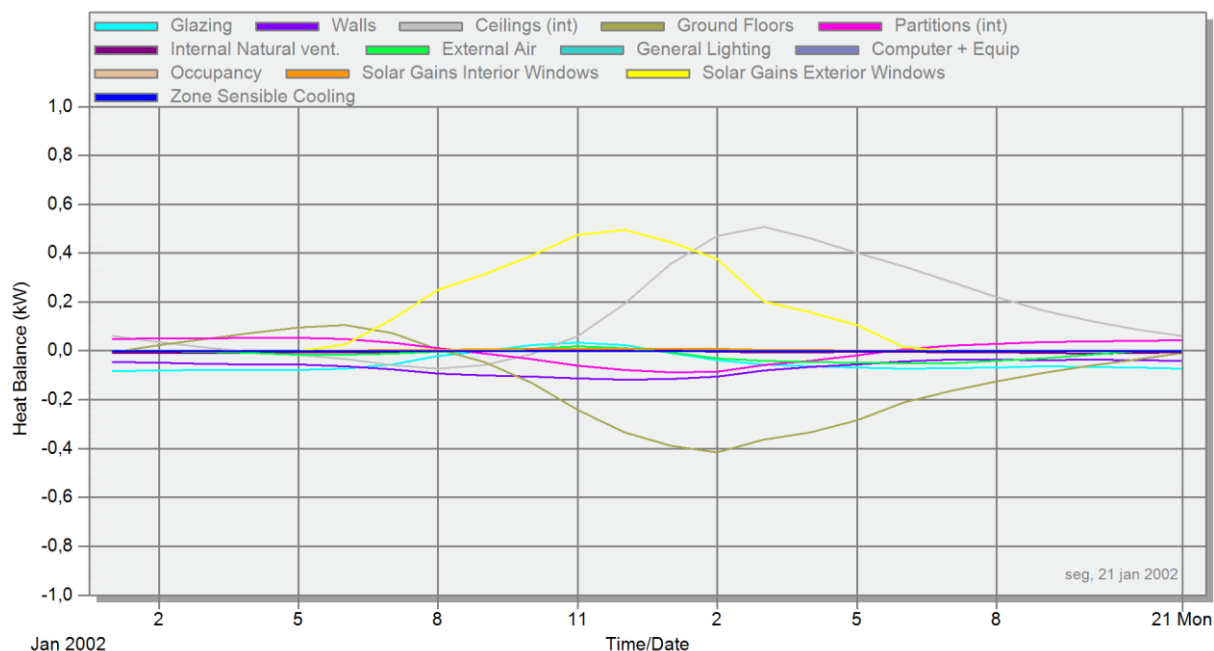
**Figura 4-13: Cargas térmicas horárias para o dia 15 de julho do edifício II.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Da mesma forma que o edifício I, identifica-se um atraso térmico nos ambientes internos promovido pelos elementos do ático (câmara de ar e laje de concreto). A curva cinza da Figura 4-14 representa a carga térmica advinda do forro na secretaria do edifício II. Verifica-se que somente a partir das 11 horas aproximadamente é que o ambiente passa a ganhar calor advindo da cobertura, atingindo seu pico às 15 horas aproximadamente, próximo do encerramento das atividades do prédio.

**Figura 4-14: Cargas térmicas horárias para o dia 20 de janeiro na sala Secretaria do edifício II.**



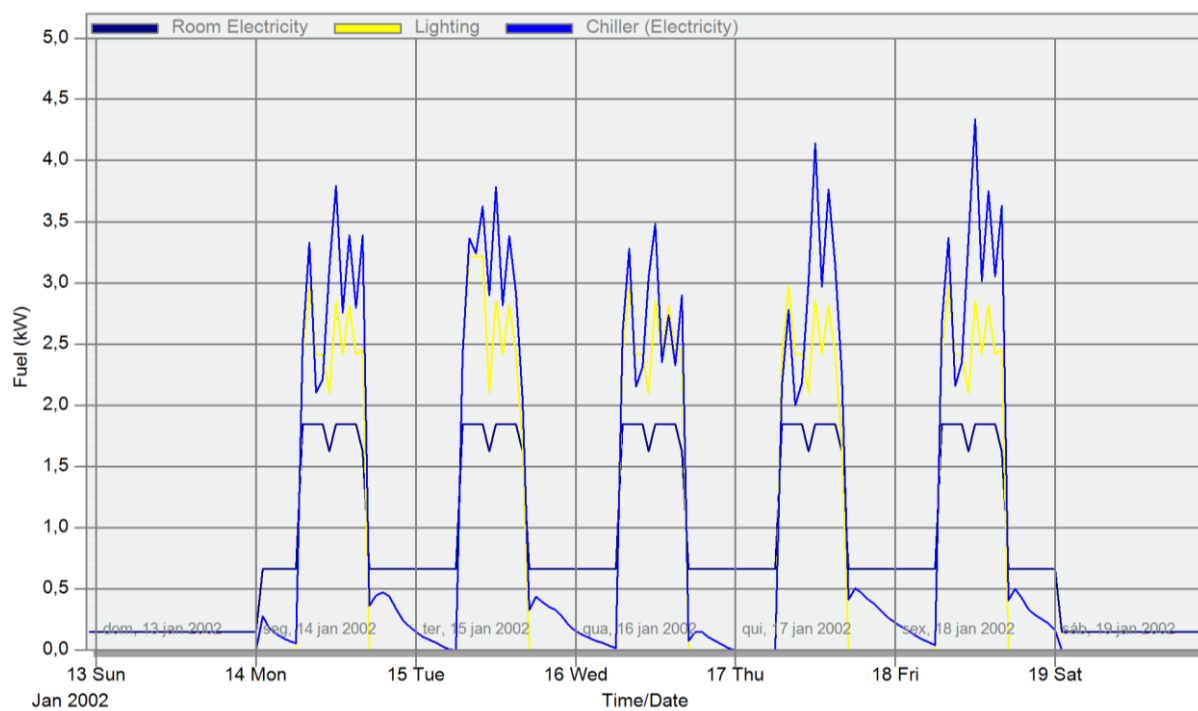
Fonte: Elaborado pelo autor.

## Consumo de Energia

A simulação do projeto do edifício II revelou um consumo total de 115,93 kWh/m<sup>2</sup>/ano, sendo 41,17 kWh/m<sup>2</sup>/ano o consumo para resfriamento (consumo base).

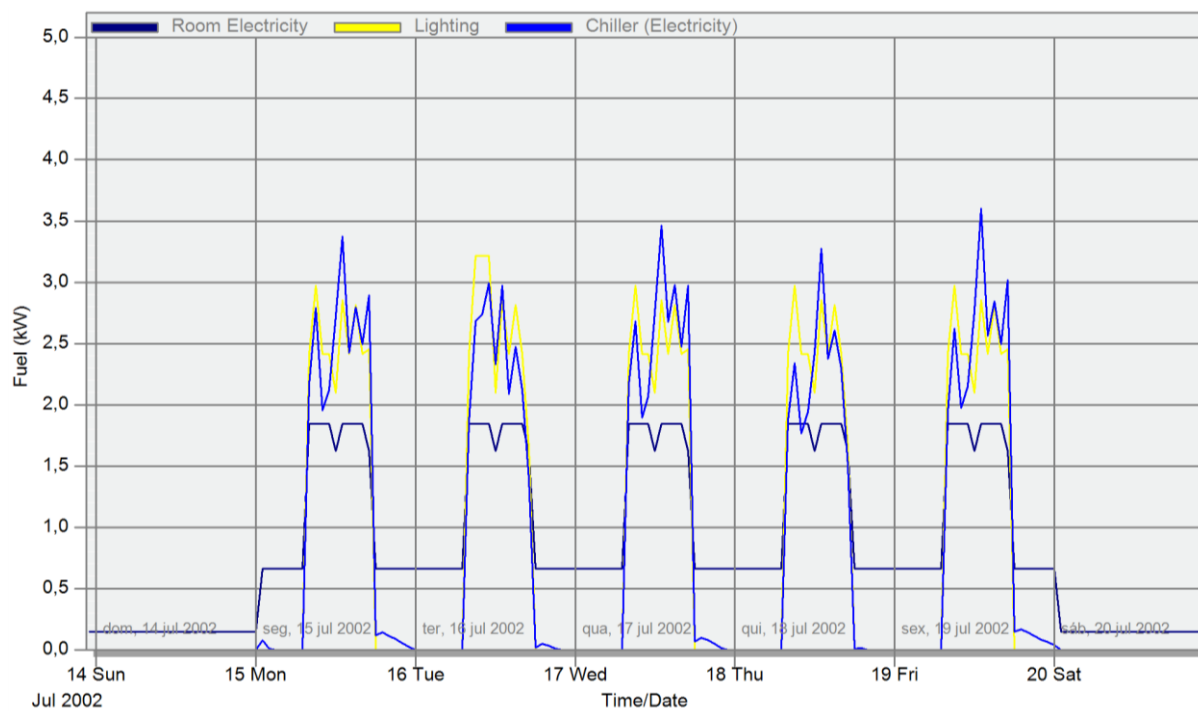
As Figuras Figura 4-15 e Figura 4-16 demonstram o consumo por uso final em uma semana de janeiro e julho. De uma forma geral, evidencia-se que a contribuição dos equipamentos de climatização (“chiller” - *linha azul clara*) é superior aos outros componentes - iluminação (“lighting” – *linha amarela*) e equipamentos (“room electricity” – *linha azul escura*). No entanto, essa diferença não é tão grande quanto aquela verificada no edifício I, principalmente em relação ao consumo de iluminação. No edifício II, esse consumo muitas vezes se iguala e até ultrapassa o consumo para resfriamento. Tal comportamento se verifica sobretudo no mês de julho (Figura 4-16), quando o consumo para resfriamento é inferior ao do mês de janeiro (Figura 4-15) que é caracterizado por uma maior carga térmica nos primeiros meses do ano (verão). Ressalte-se que, apesar do Design Builder discriminar “Chiller” (legendas das Figuras Figura 4-15 e Figura 4-16), as curvas relacionadas (linhas azuis claras) representam o consumo do ar condicionado das unidades de *Split*.

**Figura 4-15: Consumo de energia elétrica horária por uso final do edifício II (janeiro).**



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 4-16: Consumo de energia elétrica horária por uso final do edifício II (julho).**



Fonte: Elaborado pelo autor.

### Nível de Eficiência Energética da Envoltória

Os 4 níveis de percentual de área de abertura na fachada ( $PAF_t$ ) que foram adotados para os modelos de referências do método (A, B, C e D) para o edifício II estão discriminados na Tabela 4-7.

**Tabela 4-7: Percentual de área de abertura na fachada ( $PAF_t$ ) dos modelos de referências do RTQ-C para o edifício II.**

Nível Procel	$PAF_t$
Nível A	0,17
Nível B	0,30
Nível C	0,42
Nível D	0,55

Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim como no edifício I, a classificação da envoltória do edifício II também resultou no nível “B” (Tabela 4-8).

**Tabela 4-8: Avaliação da Envoltória do Edifício II pelo RTQ-C – Consumos dos modelos (kWh/m<sup>2</sup>/ano).**

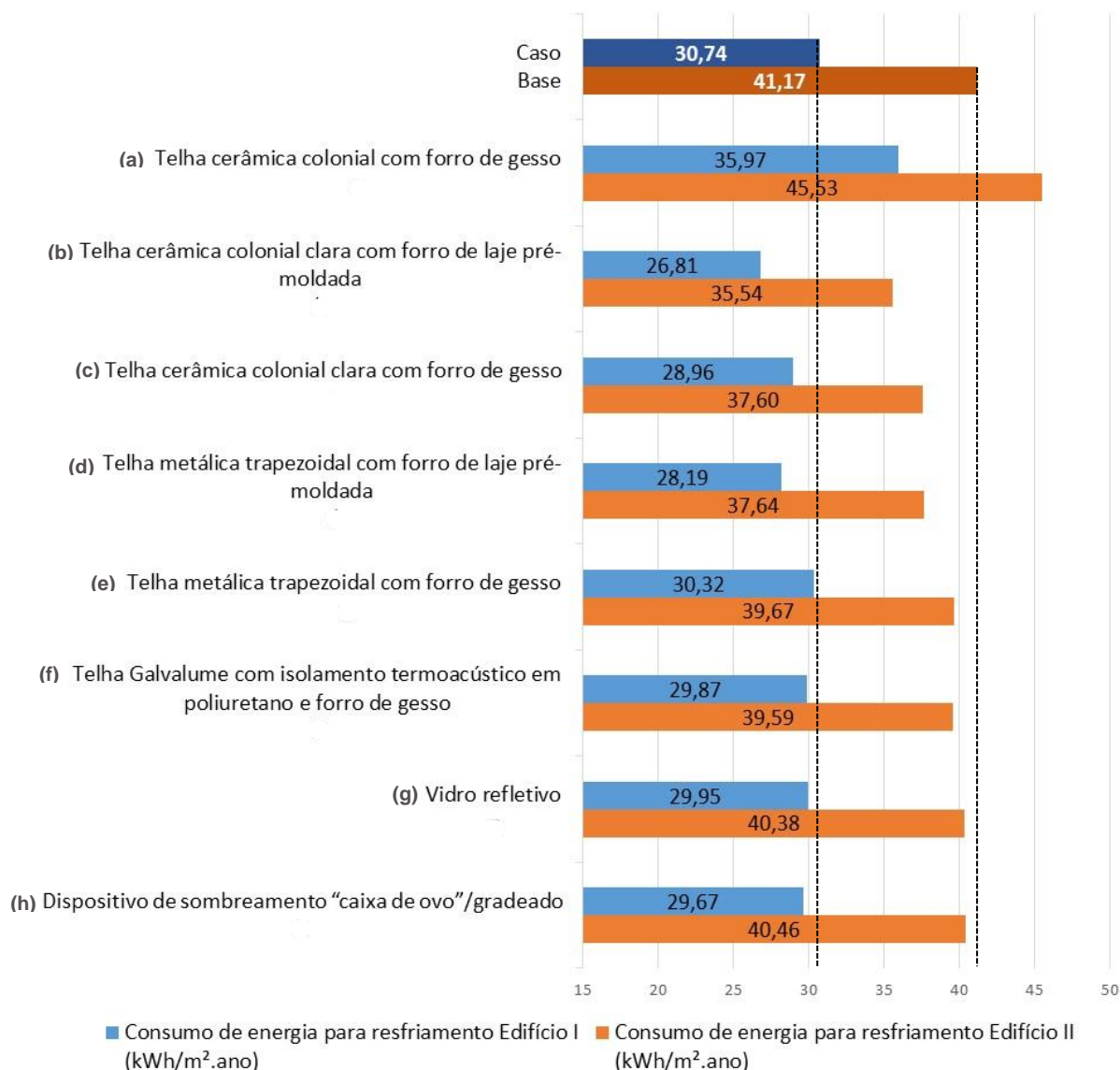
	Modelo de Referência	Modelo Real
Nível A	107,16	107,89
Nível B	114,55	114,25
Nível C	132,66	125,34
Nível D	140,66	132,60
Nível E		

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 4.2 IMPACTOS DA APLICAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS CONSTRUTIVAS NO CONSUMO ENERGÉTICO SIMULADO

A Figura 4-17 apresenta os consumos anuais dos modelos simulados com a implantação das alternativas no caso base. Os resultados demonstram que todas as soluções, com exceção da alternativa “a” (Telha cerâmica colonial com forro de gesso), reduziram o consumo de energia para resfriamento do caso base em ambos os edifícios.

**Figura 4-17: Consumos anuais de energia para resfriamento do caso base e dos modelos com as alternativas implantadas nos edifícios I e II.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

A máxima redução obtida em relação ao caso base foi de 12,8% no edifício I e de 13,7% no edifício II. Essa economia foi alcançada com a alternativa "b" (Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada) que se diferenciava do caso base apenas pela aplicação de cor clara nas telhas. O pior caso se deu com a alternativa "a" a qual gerou um aumento no consumo de energia para resfriamento de 17% e 10,6%, no edifício I e II respectivamente (Tabela 4-9 e Tabela 4-10 - células vermelhas: aumento do consumo; células verde-claras: redução do consumo).

As alternativas “a” e “c” se diferenciavam entre si somente pela cor clara nas telhas cerâmicas. A baixa absorvância na alternativa “c” (Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso) fez com que aquele sistema de cobertura não somente deixasse de aumentar o consumo do caso base (alternativa “a”), mas também o transformasse na 3ª. melhor alternativa para o edifício I e na 2ª. melhor para o edifício II (Tabela 4-9 e Tabela 4-10). O mesmo ocorreu com a alternativa “b” onde se evidencia que a pintura clara elevaria o caso base para a melhor alternativa em termos de redução de consumo para resfriamento.

**Tabela 4-9: Redução do consumo de energia para resfriamento com a implantação das alternativas no edifício I em relação ao caso base e em ordem decrescente.**

Alternativas		Redução em relação ao Caso Base (%)
<b>b</b>	Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada	12,8%
<b>d</b>	Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada	8,3%
<b>c</b>	Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso	5,8%
<b>h</b>	Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado	3,5%
<b>f</b>	Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso	2,8%
<b>g</b>	Vidro refletivo	2,6%
<b>e</b>	Telha metálica trapezoidal com forro de gesso	1,3%
<b>Caso Base: Telha cerâmica colonial com forro de laje pré-moldada</b>		-
<b>a</b>	Telha cerâmica colonial com forro de gesso	-17,0%

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 4-10: Redução do consumo de energia para resfriamento com a implantação das alternativas no edifício II em relação ao caso base e em ordem decrescente.**

Alternativas		Redução em relação ao Caso Base (%)
<b>b</b>	Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada	13,7%
<b>c</b>	Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso	8,7%
<b>d</b>	Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada	8,6%
<b>f</b>	Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso	3,8%
<b>e</b>	Telha metálica trapezoidal com forro de gesso	3,6%
<b>g</b>	Vidro refletivo	1,9%
<b>h</b>	Dispositivo de sombreamento “caixa de	1,7%
<b>Caso Base: Telha cerâmica colonial com forro de laje pré-moldada</b>		-
<b>a</b>	Telha cerâmica colonial com forro de gesso	-10,6%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como as alternativas “a”, “e” e “f” possuem o mesmo tipo de forro (gesso), a comparação dos seus resultados nas Tabelas Tabela 4-9 e Tabela 4-10 permite analisar o desempenho dos respectivos tipos de telha. Nessas condições, evidenciou-se que, em ambos os edifícios, as telhas termoacústicas (alternativa “f”: Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso) e as metálicas (alternativa “e”: Telha metálica trapezoidal com forro de gesso) foram mais eficazes do que as telhas cerâmicas (alternativa “a”). Enquanto que as telhas cerâmicas aumentam o consumo para resfriamento do caso base (em 17% no edifício I e em 10,6% no edifício II), as telhas metálicas (alternativa “e”) e termoacústicas (alternativa “f”) o reduzem na ordem de 1,3% e 2,8% no edifício I e 3,6% e 3,8% no edifício II, sendo as telhas termoacústicas aquelas que mais impactam na redução do consumo para resfriamento dos edifícios (2,8% no edifício I e 3,8% no edifício II).

Por meio da comparação dos resultados da alternativa “d” (Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada) e do caso base (Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada), verifica-se que, quando associadas a forro de laje pré-moldada, as telhas metálicas também foram mais eficazes do que as cerâmicas.

Em relação ao forro, observa-se que os sistemas de cobertura, quando estavam associados a um forro de laje pré-moldada, apresentaram melhores resultados do que quando associados a um forro de gesso (Tabela 4-9 e Tabela 4-10: caso base em relação à alternativa “a” e alternativa “d” em relação à alternativa “e”). Por outro lado, verifica-se que se pode obter um bom desempenho energético sem a implantação da laje. Além das soluções com forro de gesso (“c”, “e” e “f”) também conseguem reduzir o consumo para resfriamento dos edifícios, o uso de cor clara na coberta associado a forro de gesso (alternativa “c”) no edifício II, em especial, conseguiu um desempenho melhor que a alternativa “d” que previa forro de laje pré-moldada.

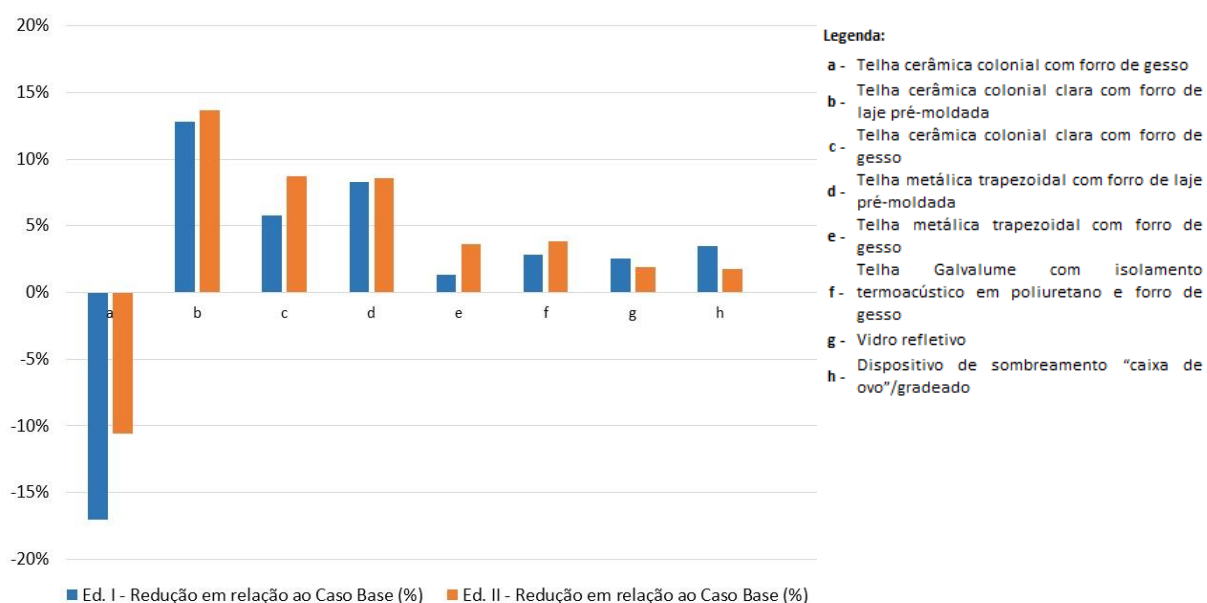
Dentre as soluções que reduziram o consumo para resfriamento em relação ao caso base, aquelas relacionadas à proteção solar das aberturas (alternativas “g” - Vidro refletivo e “h” - Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado) foram as que apresentaram os piores resultados no edifício II (redução de cerca de 2%). No edifício I, os impactos foram melhores, destacando-se a alternativa “h” que apresentou



uma redução de 3,5% em comparação com uma diminuição de 2,6% da alternativa “g”.

A Figura 4-18 permite comparar os percentuais de redução de energia para resfriamento das alternativas nos dois edifícios. De uma forma geral, a implantação das alternativas impactou mais o edifício II, exceto pelas alternativas “g” e “h”. A maior diferença se verificou na alternativa “c” cuja implantação no edifício I representou uma redução de 5,8%, enquanto que no edifício II foi de 8,7%. (Tabela 4-9 e Tabela 4-10)

**Figura 4-18: Redução (%) do consumo de energia para resfriamento com a implantação das alternativas no edifício I e II em relação ao caso base.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

A fim de evidenciar o potencial das alternativas de forma mais abrangente, foram dispostos nas Tabelas Tabela 4-11 e Tabela 4-12 os respectivos percentuais de redução do consumo de energia para resfriamento em relação à alternativa que gerou o maior consumo anual (pior caso - alternativa “a”: Telha cerâmica colonial com forro de gesso). Constatase que, no edifício I, a implantação das soluções pode alcançar uma redução de até 25,5% e, no edifício II, de até 21,9%. Ressalte-se, outrossim, que o caso base, mesmo tendo resultado na pior alternativa em relação à alternativa “a” (pior caso), ainda gera uma economia de 14,5% para o edifício I e de 9,6% para o edifício II.

**Tabela 4-11: Redução do consumo de energia para resfriamento com a implantação das alternativas no edifício I em relação ao pior caso e em ordem decrescente.**

Alternativas		Redução em relação ao pior caso (%)
<b>b</b>	Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada	25,5%
<b>d</b>	Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada	21,6%
<b>c</b>	Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso	19,5%
<b>h</b>	Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado	17,5%
<b>f</b>	Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso	17,0%
<b>g</b>	Vidro refletivo	16,7%
<b>e</b>	Telha metálica trapezoidal com forro de gesso	15,7%
<b>Caso Base: Telha cerâmica colonial com forro de laje pré-moldada</b>		14,5%
<b>a</b>	Telha cerâmica colonial com forro de gesso	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 4-12: Redução do consumo de energia para resfriamento com a implantação das alternativas no edifício II em relação ao pior caso e em ordem decrescente.**

Alternativas		Redução em relação ao pior caso (%)
<b>b</b>	Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada	21,9%
<b>c</b>	Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso	17,4%
<b>d</b>	Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada	17,3%
<b>f</b>	Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso	13,0%
<b>e</b>	Telha metálica trapezoidal com forro de gesso	12,9%
<b>g</b>	Vidro refletivo	11,3%
<b>h</b>	Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado	11,1%
<b>Caso Base: Telha cerâmica colonial com forro de laje pré-moldada</b>		9,6%
<b>a</b>	Telha cerâmica colonial com forro de gesso	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

### **4.3 IMPACTOS DA APLICAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS CONSTRUTIVAS NO DESEMPENHO ENERGÉTICO DA ENVOLTÓRIA PROJETADA**

As Tabelas Tabela 4-13 e Tabela 4-14 apresentam o resultado do processo de etiquetagem da envoltória dos edifícios I e II com a implantação das alternativas. Observa-se que, de uma forma geral, as alternativas impactaram mais positivamente o edifício I do que o II. No edifício I, quatro alternativas (“b”, “c”, “d” e “h”) elevaram o nível de eficiência da envoltória do caso base de “B” para “A”, ao passo que no edifício II somente as alternativas “b”, “c” e “d” apresentaram tal comportamento. No edifício I, três alternativas (“e”, “f” e “g”) mantiveram o nível “B”; no edifício II, apenas duas (“g” e “h”). Somente uma alternativa (“a”) reduziu o nível para “C” no edifício I, enquanto que no edifício II foram três as alternativas que apresentaram essa redução (“a”, “e” e “f”).

**Tabela 4-13: Consumo energético dos modelos (kWh/m<sup>2</sup>/ano) e níveis de eficiência energética (RTQ-C) da envoltória do edifício I com as alternativas.**

	Modelo de Referência	Modelo Real	(a) Telha cerâmica colonial com forro de gesso	(b) Telha cer. colonial clara com forro de laje pré-moldada	(c) Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso	(d) Telha metálica trapezoidal c/forro de laje pré-moldada	(e) Telha metálica trapezoidal com forro de gesso	(f) Telha Galvalume c/isol. termoacústico em poliuretano e forro de gesso	(g) Vidro Refletivo	(h) Dispositivo de sombreamento "caixa de ovo"/gradeado
Nível A	59,35	60,38	66,20	56,70	57,83	57,58	59,58	59,58	59,41	59,05
Nível B	66,00	64,22	70,47	60,30	61,52	61,24	63,39	63,40	63,19	62,80
Nível C	76,00	69,14	75,88	64,95	66,27	65,95	68,28	68,30	68,03	67,61
Nível D	83,08	74,69	82,04	70,19	71,66	71,26	73,85	73,87	73,49	73,04
Nível E		-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 4-14: Consumo energético dos modelos (kWh/m<sup>2</sup>/ano) e níveis de eficiência energética (RTQ-C) da envoltória do edifício II com as alternativas.**

	Modelo de Referência	Modelo Real	(a) Telha cerâmica colonial com forro de gesso	(b) Telha cer. colonial clara com forro de laje pré-moldada	(c) Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso	(d) Telha metálica trapezoidal c/forro de laje pré-moldada	(e) Telha metálica trapezoidal com forro de gesso	(f) Telha Galvalume c/isol. termoacústico em poliuretano e forro de gesso	(g) Vidro Refletivo	(h) Dispositivo de sombreamento "caixa de ovo"/gradeado
Nível A	107,16	107,89	112,70	105,83	106,70	106,19	108,21	108,51	107,32	107,38
Nível B	114,55	114,25	119,44	112,06	113,00	112,44	114,64	114,98	113,64	113,70
Nível C	132,66	125,34	130,98	123,00	124,04	123,44	125,87	126,27	124,68	124,74
Nível D	140,66	132,60	138,74	130,09	131,22	130,55	133,23	133,68	131,89	131,95
Nível E		-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

As Tabelas Tabela 4-15 e Tabela 4-16 apresentam, em ordem crescente, os consumos de energia dos modelos específicos para a etiquetagem relacionados a cada alternativa, além dos respectivos níveis de eficiência atingidos. Essa ordem classifica as alternativas de acordo com o impacto no nível de eficiência energética dos edifícios no contexto do RTQ-C.

Constata-se que, em ambos os edifícios, a alternativa que mais impactou o nível de eficiência energético de forma positiva foi a “b” (Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada), e a que mais impactou de forma negativa foi a alternativa “a” (Telha cerâmica colonial com forro de gesso).

**Tabela 4-15: Ordem de classificação das alternativas de acordo com o impacto no desempenho energético do edifício I no contexto do método RTQ-C.**

	Alternativas	Consumo (kWh/m <sup>2</sup> /ano)	Nível
<b>b</b>	Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada	56,70	A
<b>d</b>	Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada	57,58	A
<b>c</b>	Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso	57,83	A
<b>h</b>	Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado	59,05	A
<b>g</b>	Vidro refletivo	63,19	B
<b>e</b>	Telha metálica trapezoidal com forro de gesso	63,39	B
<b>f</b>	Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso	63,40	B
	<b>Caso Base: Telha cerâmica colonial com forro de laje pré-moldada</b>	64,22	B
<b>a</b>	Telha cerâmica colonial com forro de gesso	75,88	C

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 4-16: Ordem de classificação das alternativas de acordo com o impacto no desempenho energético do edifício II no contexto do método RTQ-C.**

	Alternativas	Consumo (kWh/m <sup>2</sup> /ano)	Nível
<b>b</b>	Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada	105,83	A
<b>d</b>	Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada	106,19	A
<b>c</b>	Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso	106,70	A
<b>g</b>	Vidro refletivo	113,64	B
<b>h</b>	Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado	113,70	B
	<b>Caso Base: Telha cerâmica colonial com forro de laje pré-moldada</b>	114,25	B
<b>e</b>	Telha metálica trapezoidal com forro de gesso	125,87	C
<b>f</b>	Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso	126,27	C
<b>a</b>	Telha cerâmica colonial com forro de gesso	130,98	C

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se ainda que as soluções relacionadas à proteção solar das aberturas (alternativas “g” - Vidro refletivo e “h” - Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado), mantiveram o mesmo nível “B” do caso base, exceto pela a alternativa “h” que, no edifício I, conseguiu elevar o nível de eficiência para “A”. (Tabela 4-15 e Tabela 4-16)

Em ambos os edifícios, a pintura de branco nas telhas cerâmicas coloniais associadas a forro de gesso resultou no nível “A” (alternativa “c”), enquanto que, sem pintura clara, o nível cai para “C” (alternativa “a”). O impacto positivo do uso de cor clara na cobertura também foi verificado para forro de laje pré-moldada, mas em menor intensidade. A alternativa “b” obteve nível “A”, enquanto que o caso base, cujas telhas não são pintadas na cor clara, obteve nível “B”. (Tabela 4-15 e Tabela 4-16)

No contexto do RTQ-C, verificou-se também que os sistemas de cobertura, quando estavam associados a um forro de laje pré-moldada, apresentaram níveis melhores de desempenho do que quando associados a um forro de gesso (Tabela 4-15 e Tabela 4-16: caso base em relação à alternativa “a” e alternativa “d” em relação à alternativa “e”).

Em relação ao desempenho das telhas, em ambos os edifícios, quando associadas a laje pré-moldada, as telhas metálicas (alternativa “d”) elevam o nível de eficiência da envoltória para “A”, melhor que a etiqueta com telhas cerâmicas (caso base: nível “B”). (Tabela 4-15 e Tabela 4-16)

Quando associadas a forro de gesso (alternativas “a”, “e” e “f”), nenhum tipo de telha consegue elevar o nível da eficiência da envoltória em relação ao nível “B” do caso base. As telhas metálicas (alternativa “e”) e as telhas galvalume (alternativa “f”) apresentaram praticamente o mesmo desempenho, impactando mais positivamente do que as telhas cerâmicas (alternativas “a”). Quanto à etiqueta obtida, no edifício I, o uso de telhas metálicas ou galvalume resulta no nível “B” melhor que com telhas cerâmicas, nível “C”; mas, no edifício II, todas resultam no mesmo nível “C”.

#### **4.4 IMPACTOS ECONÔMICOS DA APLICAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS CONSTRUTIVAS**

Nesta seção, são apresentados, em relação ao caso base, os custos da aplicação de cada estratégia arquitetônica, além dos respectivos benefícios relacionados diretamente à redução do consumo energético dos edifícios. As composições de custo unitário dos serviços utilizadas nos cálculos encontram-se no

apêndice 3. Em seguida, expõem-se os resultados das análises econômicas em relação ao caso base e em relação à alternativa que gerou o maior consumo energético anua (alternativa “a” - Telha cerâmica colonial com forro de gesso).

#### 4.4.1 Custos e Benefícios em relação ao caso base

##### 4.4.1.1 Alternativa “a”: Telha cerâmica colonial com forro de gesso ( $U = 2,15 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ e $\alpha = 0,80$ )

Para se implantar essa alternativa, é necessário substituir a laje pré-moldada do projeto base por um forro de gesso. Essa mudança, por consequência, acarreta também alterações na estrutura da cobertura, onde os pontaletes foram substituídos por tesouras. As calhas de concreto, por serem apoiadas na laje, também tiveram de ser substituídas por calhas em aço galvanizado, fixadas na estrutura da cobertura. A retirada da laje também provocou a eliminação parcial dos serviços de reboco, emassamento e pintura relacionados à parte inferior da laje. Foram desconsideradas no custo eventuais trocas do forro de gesso decorrentes de problemas na fixação ou infiltrações.

A implantação da alternativa, considerando a taxa de BDI de 25%, ao invés de custo, gera uma economia de R\$ 33.271,76 para o edifício I e de R\$ 17.791,19 para o edifício II. (Tabela 4-17 e Tabela 4-18)

**Tabela 4-17: Custo total da aplicação da estratégia “a” para o Edifício I.**

Serviço	Und.	Custo Unit.	Quant.	Total
<b>SERVIÇOS EXCLUÍDOS</b>				
Estrutura Ponteletada de madeira para telhado com telhas cerâmicas	m <sup>2</sup>	R\$ 24,54	-329,35	-R\$ 8.082,36
Laje Pre-moldada para forro	m <sup>2</sup>	R\$ 70,99	-363,98	-R\$ 25.838,94
Reboco tipo paulista para lajes, platibanda e calhas - espessura 2,0 cm	m <sup>2</sup>	R\$ 27,76	-336,43	-R\$ 9.339,30
Emassamento de lajes internas e externas com massa PVA - 02 demãos	m <sup>2</sup>	R\$ 16,51	-34,64	-R\$ 571,91
Pintura em latex PVA 02 demãos sobre lajes internas e externas	m <sup>2</sup>	R\$ 8,29	-34,64	-R\$ 287,17
Calha de concreto	m	R\$ 24,88	-34,65	-R\$ 862,09
<b>SERVIÇOS INCLUÍDOS</b>				
Fabricação e instalação de tesoura em madeira não aparelhada	und.	R\$ 802,36	11,00	R\$ 8.825,96
Forro de gesso	m <sup>2</sup>	R\$ 21,15	301,79	R\$ 6.382,86
Calha de beiral em aço galvanizado	m	R\$ 88,76	34,65	R\$ 3.075,53
Total c/BDI (25%)				-R\$ 33.371,76

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 4-18: Custo total da aplicação da estratégia “a” para o Edifício II.**

Serviço	Und.	Custo Unit.	Quant.	Total
<b>SERVIÇOS EXCLUÍDOS</b>				
Estrutura Ponteetada de madeira para telhado com telhas cerâmicas	m <sup>2</sup>	R\$ 24,54	-154,39	-R\$ 3.788,73
Laje Pre-moldada para forro	m <sup>2</sup>	R\$ 70,99	-174,63	-R\$ 12.396,98
Reboco tipo paulista para lajes, platibanda e calhas - espessura 2,0 cm	m <sup>2</sup>	R\$ 27,76	-159,74	-R\$ 4.434,38
Emassamento de lajes internas e externas com massa PVA - 02 demãos	m <sup>2</sup>	R\$ 16,51	-14,03	-R\$ 231,64
Pintura em latex PVA 02 demãos sobre lajes internas e externas	m <sup>2</sup>	R\$ 8,29	-14,03	-R\$ 116,31
Calha de concreto	m	R\$ 24,88	-21,60	-R\$ 537,41
<b>SERVIÇOS INCLUÍDOS</b>				
Fabricação e instalação de tesoura em madeira não aparelhada	und.	R\$ 802,36	4	R\$ 3.209,44
Forro de gesso	m <sup>2</sup>	R\$ 21,15	145,71	R\$ 3.081,77
Calha de beiral em aço galvanizado	m	R\$ 45,43	21,60	R\$ 981,29
Total c/BDI (25%)				-R\$ 17.791,19

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por outro lado, a implantação da alternativa ocasiona um aumento no consumo de energia e consequentemente prejuízos anuais na ordem de R\$ 1.011,54 para o edifício I e de R\$ 405,10 para o edifício II. (Tabela 4-19)

**Tabela 4-19: Impactos financeiros decorrentes da variação do consumo de energia com a implantação da alternativa “a”.**

	<b>EDIFÍCIO I</b>	<b>EDIFÍCIO II</b>
Consumo de energia caso base (kWh/ano)	16.143,94	20.244,87
Cons. de energia com a alternativa (kWh/ano)	18.047,30	21.007,13
Tarifa de energia (R\$/kWh)	R\$ 0,53	R\$ 0,53
<b>Total de economia/prejuízo (R\$/ano)</b>	<b>-R\$ 1.011,54</b>	<b>-R\$ 405,10</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### **4.4.1.2 Alternativa “b”: Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada ( $U = 1,89 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ e $\alpha = 0,20$ )**

Para essa alternativa não é necessária a substituição de materiais em relação ao projeto original, apenas a aplicação de duas demãos de tinta acrílica branca nas telhas coloniais previstas em projeto, renovando-a a cada 3 anos.

Não se encontrou uma composição exata no SINAPI para esse serviço, de modo que se adotou um serviço semelhante, composição 88492 – *Aplicação mecânica de pintura com tinta látex acrílica em teto, duas demãos*, cujo custo unitário é R\$ 7,43/m<sup>2</sup>.



O custo total do serviço, considerando a área do telhado dos edifícios I e II, bem como a taxa de BDI de 25%, é de R\$ 3.256,18 para o edifício I e R\$ 1.515,90 para o edifício II. (Tabela 4-20 e Tabela 4-21)

**Tabela 4-20: Custo total da aplicação da estratégia “b” para o Edifício I.**

Serviço	Und.	Custo Unit.	Quant.	Total
<b>SERVIÇOS INCLUÍDOS</b>				
Pintura de telhas com tinta acrílica branca	m <sup>2</sup>	R\$ 7,43	350,60	R\$ 2.604,94
Total c/BDI (25%)			R\$	3.256,18

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 4-21: Custo total da aplicação da estratégia “b” para o Edifício II.**

Serviço	Und.	Custo Unit.	Quant.	Total
<b>SERVIÇOS INCLUÍDOS</b>				
Pintura de telhas com tinta acrílica branca	m <sup>2</sup>	R\$ 7,43	163,22	R\$ 1.212,72
Total c/BDI (25%)			R\$	1.515,90

Fonte: Elaborado pelo autor.

A implantação da alternativa gera uma economia anual no consumo de energia de R\$ 759,89 para o edifício I e R\$ 521,93 para o edifício II. (Tabela 4-22)

**Tabela 4-22: Impactos financeiros decorrentes da variação do consumo de energia com a implantação da alternativa “b”.**

	<b>EDIFÍCIO I</b>	<b>EDIFÍCIO II</b>
Consumo de energia caso base (kWh/ano)	16.143,94	20.244,87
Cons. de energia com a alternativa (kWh/ano)	14.714,10	19.262,79
Tarifa de energia (R\$/kWh)	R\$ 0,53	R\$ 0,53
<b>Total de economia/prejuízo (R\$/ano)</b>	<b>R\$ 759,89</b>	<b>R\$ 521,93</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### **4.4.1.3 Alternativa “c”: Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso ( $U = 2,15$ W/(m<sup>2</sup>.K) e $\alpha = 0,20$ )**

O custo de implantação dessa alternativa resulta da combinação dos mesmos serviços considerados nas alternativas “Telha cerâmica colonial com forro de gesso” e “Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada”. Em suma, substitui-se o forro de laje pré-moldada por um forro de gesso e pinta-se as telhas na cor branca.

A implantação da alternativa, considerando a taxa de BDI de 25%, ao invés de custo, gera uma economia de R\$ 30.115,59 para o edifício I e R\$ 16.275,29 para o edifício II. (Tabela 4-23 e Tabela 4-24)

**Tabela 4-23: Custo total da aplicação da estratégia “c” para o Edifício I.**

Serviço	Und.	Custo Unit.	Quant.	Total
<b>SERVIÇOS EXCLUÍDOS</b>				
Estrutura Ponteetada de madeira para telhado com telhas cerâmicas	m <sup>2</sup>	R\$ 24,54	-329,35	-R\$ 8.082,36
Laje Pre-moldada para forro	m <sup>2</sup>	R\$ 70,99	-363,98	-R\$ 25.838,94
Reboco tipo paulista para lajes, platibanda e calhas - espessura 2,0 cm	m <sup>2</sup>	R\$ 27,76	-336,43	-R\$ 9.339,30
Emassamento de lajes internas e externas com massa PVA - 02 demãos	m <sup>2</sup>	R\$ 16,51	-34,64	-R\$ 571,91
Pintura em latex PVA 02 demãos sobre lajes internas e externas	m <sup>2</sup>	R\$ 8,29	-34,64	-R\$ 287,17
Calha de concreto	m	R\$ 24,88	-34,65	-R\$ 862,09
<b>SERVIÇOS INCLUÍDOS</b>				
Fabricação e instalação de tesoura em madeira não aparelhada	und.	R\$ 802,36	11,00	R\$ 8.825,96
Forro de gesso	m <sup>2</sup>	R\$ 21,15	301,79	R\$ 6.382,86
Calha de beiral em aço galvanizado	m	R\$ 88,76	34,65	R\$ 3.075,53
Pintura de telhas com tinta acrílica branca	m <sup>2</sup>	R\$ 7,43	350,60	R\$ 2.604,94
Total c/BDI (25%)			-R\$	30.115,59

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 4-24: Custo total da aplicação da estratégia “c” para o Edifício II.**

Serviço	Und.	Custo Unit.	Quant.	Total
<b>SERVIÇOS EXCLUÍDOS</b>				
Estrutura Ponteetada de madeira para telhado com telhas cerâmicas	m <sup>2</sup>	R\$ 24,54	-154,39	-R\$ 3.788,73
Laje Pre-moldada para forro	m <sup>2</sup>	R\$ 70,99	-174,63	-R\$ 12.396,98
Reboco tipo paulista para lajes, platibanda e calhas - espessura 2,0 cm	m <sup>2</sup>	R\$ 27,76	-159,74	-R\$ 4.434,38
Emassamento de lajes internas e externas com massa PVA - 02 demãos	m <sup>2</sup>	R\$ 16,51	-14,03	-R\$ 231,64
Pintura em latex PVA 02 demãos sobre lajes internas e externas	m <sup>2</sup>	R\$ 8,29	-14,03	-R\$ 116,31
Calha de concreto	m	R\$ 24,88	-21,60	-R\$ 537,41
<b>SERVIÇOS INCLUÍDOS</b>				
Fabricação e instalação de tesoura em madeira não aparelhada	und.	R\$ 802,36	4	R\$ 3.209,44
Forro de gesso	m <sup>2</sup>	R\$ 21,15	145,71	R\$ 3.081,77
Calha de beiral em aço galvanizado	m	R\$ 45,43	21,60	R\$ 981,29
Pintura de telhas com tinta acrílica branca	m <sup>2</sup>	R\$ 7,43	163,22	R\$ 1.212,72
Total c/BDI (25%)			-R\$	16.275,29

Fonte: Elaborado pelo autor.

A implantação da alternativa gera uma economia anual no consumo de energia de R\$ 343,11 para o edifício I e R\$ 331,43 para o edifício II. (Tabela 4-25)

**Tabela 4-25 Impactos financeiros decorrentes da variação do consumo de energia com a implantação da alternativa “c”.**

	EDIFÍCIO I	EDIFÍCIO II
Consumo de energia caso base (kWh/ano)	16.143,94	20.244,87
Cons. de energia com a alternativa (kWh/ano)	15.498,34	19.621,24
Tarifa de energia (R\$/kWh)	R\$ 0,53	R\$ 0,53
<b>Total de economia/prejuízo (R\$/ano)</b>	<b>R\$ 343,11</b>	<b>R\$ 331,43</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.4.1.4 Alternativa “d”: Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada ( $U= 1,09 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ e $\alpha=0,25$ )

A implantação dessa alternativa requer a substituição das telhas cerâmicas por telhas metálicas. Além disso, altera-se a estrutura da cobertura de madeira por uma metálica.

O custo total da alternativa, considerando a taxa de BDI de 25%, é de R\$ 10.112,70 para o edifício I e R\$ 4.835,82 para o edifício II. (Tabela 4-26 e Tabela 4-27)

**Tabela 4-26: Custo total da aplicação da estratégia “d” para o Edifício I.**

Serviço	Und.	Custo Unit.	Quant.	Total
<b>SERVIÇOS EXCLUÍDOS</b>				
Estrutura Ponteetada de madeira para telhado com telhas cerâmicas	m <sup>2</sup>	R\$ 24,54	-329,35	-R\$ 8.082,36
Trama de madeira para telhado com telhas cerâmicas	m <sup>2</sup>	R\$ 55,48	-329,35	-R\$ 18.272,59
Telhamento com telha cerâmica colonial	m <sup>2</sup>	R\$ 22,14	-329,35	-R\$ 7.291,91
Cumeeira para telha cerâmica	m	R\$ 12,48	-34,65	-R\$ 432,43
<b>SERVIÇOS INCLUÍDOS</b>				
Estrutura Metálica em tesouras ou treliças	m <sup>2</sup>	R\$ 58,09	329,35	R\$ 19.132,21
Pintura sobre superfície metálica, inclusive proteção com zarcão	m <sup>2</sup>	R\$ 28,72	329,35	R\$ 9.459,06
Telhamento com telha em aço galvanizado e = 0,5 mm	m <sup>2</sup>	R\$ 37,96	329,35	R\$ 12.502,30
Cumeeira em perfil de alumínio	m	R\$ 31,05	34,65	R\$ 1.075,88
Total c/BDI (25%)			R\$	10.112,70

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 4-27: Custo total da aplicação da estratégia “d” para o Edifício II.**

Serviço	Und.	Custo Unit.	Quant.	Total
<b>SERVIÇOS EXCLUÍDOS</b>				
Estrutura Ponteetada de madeira para telhado com telhas cerâmicas	m <sup>2</sup>	R\$ 24,54	-154,39	-R\$ 3.788,73
Trama de madeira para telhado com telhas cerâmicas	m <sup>2</sup>	R\$ 55,48	-154,39	-R\$ 8.565,56
Telhamento com telha cerâmica colonial	m <sup>2</sup>	R\$ 22,14	-154,39	-R\$ 3.418,19
Cumeeira para telha cerâmica	m	R\$ 12,48	-20,35	-R\$ 253,97
<b>SERVIÇOS INCLUÍDOS</b>				
Estrutura Metálica em tesouras ou treliças	m <sup>2</sup>	R\$ 58,09	154,39	R\$ 8.968,52
Pintura sobre superfície metálica, inclusive proteção com zarcão	m <sup>2</sup>	R\$ 28,72	154,39	R\$ 4.434,08
Telhamento com telha em aço galvanizado e = 0,5 mm	m <sup>2</sup>	R\$ 37,96	154,39	R\$ 5.860,64
Cumeeira em perfil de alumínio	m	R\$ 31,05	20,35	R\$ 631,87
Total c/BDI (25%)				R\$ 4.835,82

Fonte: Elaborado pelo autor.

A implantação da alternativa gera uma economia anual no consumo de energia de R\$ 493,63 para o edifício I e R\$ 327,37 para o edifício II. (Tabela 4-28)

**Tabela 4-28: Impactos financeiros decorrentes da variação do consumo de energia com a implantação da alternativa “d”.**

	<b>EDIFÍCIO I</b>	<b>EDIFÍCIO II</b>
Consumo de energia caso base (kWh/ano)	16.143,94	20.244,87
Cons. de energia com a alternativa (kWh/ano)	15.215,10	19.628,88
Tarifa de energia (R\$/kWh)	R\$ 0,53	R\$ 0,53
<b>Total de economia/prejuízo (R\$/ano)</b>	<b>R\$ 493,63</b>	<b>R\$ 327,37</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### **4.4.1.5 Alternativa “e”: Telha metálica trapezoidal com forro de gesso ( $U= 1,17$ W/(m<sup>2</sup>.K) e $\alpha=0,25$ )**

A implantação dessa alternativa, além de prever a substituição das telhas cerâmicas e estrutura de madeira por telhas e estrutura metálicas, altera também o forro de laje pré-moldada para um forro de gesso. A retirada da laje provoca a eliminação parcial dos serviços de reboco, emassamento e pintura relacionados à parte inferior da laje e a substituição das calhas de concreto por calhas em aço galvanizado. Como citado anteriormente, foram desconsideradas no custo eventuais trocas do forro de gesso decorrentes de problemas na fixação ou infiltrações.

A implantação da alternativa, considerando a taxa de BDI de 25%, ao invés de custo, gera uma economia de R\$ 24.188,56 para o edifício I e de R\$ 12.231,26 para o edifício II. (Tabela 4-29 e Tabela 4-30)

**Tabela 4-29: Custo total da aplicação da estratégia “e” para o Edifício I.**

Serviço	Und.	Custo Unit.	Quant.	Total
<b>SERVIÇOS EXCLUÍDOS</b>				
Estrutura Ponteetada de madeira para telhado com telhas cerâmicas	m <sup>2</sup>	R\$ 24,54	-329,35	-R\$ 8.082,36
Trama de madeira para telhado com telhas cerâmicas	m <sup>2</sup>	R\$ 55,48	-329,35	-R\$ 18.272,59
Telhamento com telha cerâmica colonial	m <sup>2</sup>	R\$ 22,14	-329,35	-R\$ 7.291,91
Cumeeira para telha cerâmica	m	R\$ 12,48	-34,65	-R\$ 432,43
Laje Pre-moldada para forro	m <sup>2</sup>	R\$ 70,99	-363,98	-R\$ 25.838,94
Reboco tipo paulista para lajes, platibanda e calhas - espessura 2,0 cm	m <sup>2</sup>	R\$ 27,76	-336,43	-R\$ 9.339,30
Emassamento de lajes internas e externas com massa PVA - 02 demãos	m <sup>2</sup>	R\$ 16,51	-34,64	-R\$ 571,91
Pintura em latex PVA 02 demãos sobre lajes internas e externas	m <sup>2</sup>	R\$ 8,29	-34,64	-R\$ 287,17
Calha de concreto	m	R\$ 24,88	-34,65	-R\$ 862,09
<b>SERVIÇOS INCLUÍDOS</b>				
Estrutura Metálica em tesouras ou treliças	m <sup>2</sup>	R\$ 58,09	329,35	R\$ 19.132,21
Pintura sobre superfície metálica, inclusive proteção com zarcão	m <sup>2</sup>	R\$ 28,72	329,35	R\$ 9.459,06
Telhamento com telha em aço galvanizado e = 0,5 mm	m <sup>2</sup>	R\$ 37,96	329,35	R\$ 12.502,30
Cumeeira em perfil de alumínio	m	R\$ 31,05	34,65	R\$ 1.075,88
Forro de gesso	m <sup>2</sup>	R\$ 21,15	301,79	R\$ 6.382,86
Calha de beiral em aço galvanizado	m	R\$ 88,76	34,65	R\$ 3.075,53
Total c/BDI (25%)			-R\$	24.188,56

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 4-30: Custo total da aplicação da estratégia “e” para o Edifício II.**

<b>SERVIÇOS EXCLUÍDOS</b>				
Estrutura Ponteetada de madeira para telhado com telhas cerâmicas	m <sup>2</sup>	R\$ 24,54	-154,39	-R\$ 3.788,73
Trama de madeira para telhado com telhas cerâmicas	m <sup>2</sup>	R\$ 55,48	-154,39	-R\$ 8.565,56
Telhamento com telha cerâmica colonial	m <sup>2</sup>	R\$ 22,14	-154,39	-R\$ 3.418,19
Cumeeira para telha cerâmica	m	R\$ 12,48	-20,35	-R\$ 253,97
Laje Pre-moldada para forro	m <sup>2</sup>	R\$ 70,99	-174,63	-R\$ 12.396,98
Reboco tipo paulista para lajes, platibanda e calhas - espessura 2,0 cm	m <sup>2</sup>	R\$ 27,76	-159,74	-R\$ 4.434,38
Emassamento de lajes internas e externas com massa PVA - 02 demãos	m <sup>2</sup>	R\$ 16,51	-14,03	-R\$ 231,64
Pintura em latex PVA 02 demãos sobre lajes internas e externas	m <sup>2</sup>	R\$ 8,29	-14,03	-R\$ 116,31
Calha de concreto	m	R\$ 24,88	-21,60	-R\$ 537,41
<b>SERVIÇOS INCLUÍDOS</b>				
Estrutura Metálica em tesouras ou treliças	m <sup>2</sup>	R\$ 58,09	154,39	R\$ 8.968,52
Pintura sobre superfície metálica, inclusive proteção com zarcão	m <sup>2</sup>	R\$ 28,72	154,39	R\$ 4.434,08
Telhamento com telha em aço galvanizado e = 0,5 mm	m <sup>2</sup>	R\$ 37,96	154,39	R\$ 5.860,64
Cumeeira em perfil de alumínio	m	R\$ 31,05	20,35	R\$ 631,87
Forro de gesso	m <sup>2</sup>	R\$ 21,15	145,71	R\$ 3.081,77
Calha de beiral em aço galvanizado	m	R\$ 45,43	21,60	R\$ 981,29
Total c/BDI (25%)			-R\$	12.231,26

Fonte: Elaborado pelo autor.

A implantação da alternativa gera uma economia anual no consumo de energia de R\$ 79,74 para o edifício I e R\$ 139,11 para o edifício II. (Tabela 4-31)

**Tabela 4-31: Impactos financeiros decorrentes da variação do consumo de energia com a implantação da alternativa “e”.**

	EDIFÍCIO I	EDIFÍCIO II
Consumo de energia caso base (kWh/ano)	16.143,94	20.244,87
Cons. de energia com a alternativa (kWh/ano)	15.993,90	19.983,11
Tarifa de energia (R\$/kWh)	R\$ 0,53	R\$ 0,53
<b>Total de economia/prejuízo (R\$/ano)</b>	<b>R\$ 79,74</b>	<b>R\$ 139,11</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### **4.4.1.6 Alternativa “f”: Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso ( $U=0,5 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ e $\alpha = 0,22$ )**

A implantação dessa alternativa, além de prever a substituição das telhas cerâmicas com estrutura de madeira por telhas termoacústicas com estrutura metálicas, altera também o forro de laje pré-moldada para um forro de gesso. A retirada da laje provoca a eliminação parcial dos serviços de reboco, emassamento e pintura relacionados à parte inferior da laje e a substituição das calhas de concreto por calhas em aço galvanizado. Conforme já mencionado anteriormente, foram desconsideradas no custo eventuais trocas do forro de gesso decorrentes de problemas na fixação ou infiltrações.

O custo total da alternativa, considerando a taxa de BDI de 25%, é de R\$ 1.270,55 para o edifício I e, para o edifício II, ao invés de custo, gera uma economia de R\$ 296,91. (Tabela 4-32 e Tabela 4-33)

**Tabela 4-32: Custo total da aplicação da estratégia “f” para o Edifício I.**

Serviço	Und.	Custo Unit.	Quant.	Total
<b>SERVIÇOS EXCLUÍDOS</b>				
Estrutura Ponteetada de madeira para telhado com telhas cerâmicas	m <sup>2</sup>	R\$ 24,54	-329,35	-R\$ 8.082,36
Trama de madeira para telhado com telhas cerâmicas	m <sup>2</sup>	R\$ 55,48	-329,35	-R\$ 18.272,59
Telhamento com telha cerâmica colonial	m <sup>2</sup>	R\$ 22,14	-329,35	-R\$ 7.291,91
Cumeeira para telha cerâmica	m	R\$ 12,48	-34,65	-R\$ 432,43
Laje Pre-moldada para forro	m <sup>2</sup>	R\$ 70,99	-363,98	-R\$ 25.838,94
Reboco tipo paulista para lajes, platibanda e calhas - espessura 2,0 cm	m <sup>2</sup>	R\$ 27,76	-336,43	-R\$ 9.339,30
Emassamento de lajes internas e externas com massa PVA - 02 demãos	m <sup>2</sup>	R\$ 16,51	-34,64	-R\$ 571,91
Pintura em latex PVA 02 demãos sobre lajes internas e externas	m <sup>2</sup>	R\$ 8,29	-34,64	-R\$ 287,17
Calha de concreto	m	R\$ 24,88	-34,65	-R\$ 862,09
<b>SERVIÇOS INCLUÍDOS</b>				
Estrutura Metálica em tesouras ou treliças	m <sup>2</sup>	R\$ 58,09	329,35	R\$ 19.132,21
Pintura sobre superfície metálica, inclusive proteção com zarcão	m <sup>2</sup>	R\$ 28,72	329,35	R\$ 9.459,06
Telhamento com telha metálica termoacústica e = 30 mm	m <sup>2</sup>	R\$ 99,80	329,35	R\$ 32.869,59
Cumeeira em perfil de alumínio	m	R\$ 31,05	34,65	R\$ 1.075,88
Forro de gesso	m <sup>2</sup>	R\$ 21,15	301,79	R\$ 6.382,86
Calha de beiral em aço galvanizado	m	R\$ 88,76	34,65	R\$ 3.075,53
Total c/BDI (25%)				R\$ 1.270,55

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 4-33: Custo total da aplicação da estratégia “f” para o Edifício II.**

Serviço	Und.	Custo Unit.	Quant.	Total
<b>SERVIÇOS EXCLUÍDOS</b>				
Estrutura Ponteetada de madeira para telhado com telhas cerâmicas	m <sup>2</sup>	R\$ 24,54	-154,39	-R\$ 3.788,73
Trama de madeira para telhado com telhas cerâmicas	m <sup>2</sup>	R\$ 55,48	-154,39	-R\$ 8.565,56
Telhamento com telha cerâmica colonial	m <sup>2</sup>	R\$ 22,14	-154,39	-R\$ 3.418,19
Cumeeira para telha cerâmica	m	R\$ 12,48	-20,35	-R\$ 253,97
Laje Pre-moldada para forro	m <sup>2</sup>	R\$ 70,99	-174,63	-R\$ 12.396,98
Reboco tipo paulista para lajes, platibanda e calhas - espessura 2,0 cm	m <sup>2</sup>	R\$ 27,76	-159,74	-R\$ 4.434,38
Emassamento de lajes internas e externas com massa PVA - 02 demãos	m <sup>2</sup>	R\$ 16,51	-14,03	-R\$ 231,64
Pintura em latex PVA 02 demãos sobre lajes internas e externas	m <sup>2</sup>	R\$ 8,29	-14,03	-R\$ 116,31
Calha de concreto	m	R\$ 24,88	-21,60	-R\$ 537,41
<b>SERVIÇOS INCLUÍDOS</b>				
Estrutura Metálica em tesouras ou treliças	m <sup>2</sup>	R\$ 58,09	154,39	R\$ 8.968,52
Pintura sobre superfície metálica, inclusive proteção com zarcão	m <sup>2</sup>	R\$ 28,72	154,39	R\$ 4.434,08
Telhamento com telha metálica termoacústica e = 30 mm	m <sup>2</sup>	R\$ 99,80	154,39	R\$ 15.408,12
Cumeeira em perfil de alumínio	m	R\$ 31,05	20,35	R\$ 631,87
Forro de gesso	m <sup>2</sup>	R\$ 21,15	145,71	R\$ 3.081,77
Calha de beiral em aço galvanizado	m	R\$ 45,43	21,60	R\$ 981,29
Total c/BDI (25%)				-R\$ 296,91

Fonte: Elaborado pelo autor.

A implantação da alternativa gera uma economia anual no consumo de energia de R\$ 168,08 para o edifício I e R\$ 146,20 para o edifício II. (Tabela 4-34)

**Tabela 4-34: Impactos financeiros decorrentes da variação do consumo de energia com a implantação da alternativa “f”.**

	EDIFÍCIO I	EDIFÍCIO II
Consumo de energia caso base (kWh/ano)	16.143,94	20.244,87
Cons. de energia com a alternativa (kWh/ano)	15.827,68	19.969,78
Tarifa de energia (R\$/kWh)	R\$ 0,53	R\$ 0,53
<b>Total de economia/prejuízo (R\$/ano)</b>	<b>R\$ 168,08</b>	<b>R\$ 146,20</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.4.1.7 Alternativa “g”: Vidro refletivo

O custo dessa alternativa se dá pela exclusão do custo do vidro simples especificados no projeto original de espessura 6 mm e 10 mm e pela inclusão do custo do vidro refletivo alternativo.

O custo total da alternativa, considerando a taxa de BDI de 25%, é de R\$ 8.691,61 para o edifício I e R\$ 2.467,80 para o edifício II. (Tabela 4-35 e Tabela 4-36)

**Tabela 4-35: Custo total da aplicação da estratégia “g” para o Edifício I.**

Serviço	Und.	Custo Unitário	Quant.		Total
<b>SERVIÇOS EXCLUÍDOS</b>					
Vidro Liso Incolor 6 mm	m <sup>2</sup>	R\$ 131,31	-8,82	-R\$	1.158,15
Vidro Temperado Incolor 10 mm	m <sup>2</sup>	R\$ 278,18	-21,6	-R\$	6.008,69
<b>SERVIÇOS INCLUÍDOS</b>					
Vidro laminados Habitat Champagne refletivo 3mm + 3mm	m <sup>2</sup>	R\$ 464,17	30,42	R\$	14.120,13
Total c/BDI (25%)				R\$	8.691,61

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 4-36: Custo total da aplicação da estratégia “g” para o Edifício II.**

Serviço	Und.	Custo Unitário	Quant.		Total
<b>SERVIÇOS EXCLUÍDOS</b>					
Vidro Liso Incolor 6 mm	m <sup>2</sup>	R\$ 131,31	-1,26	-R\$	165,45
Vidro Temperado Incolor 10 mm	m <sup>2</sup>	R\$ 278,18	-11,88	-R\$	3.304,78
<b>SERVIÇOS INCLUÍDOS</b>					
Vidro laminados Habitat Champagne refletivo 3mm + 3mm	m <sup>2</sup>	R\$ 414,34	13,14	R\$	5.444,47
Total c/BDI (25%)				R\$	2.467,80

Fonte: Elaborado pelo autor.



A implantação da alternativa gera uma economia anual no consumo de energia de R\$ 152,47 para o edifício I e R\$ 72,86 para o edifício II. (Tabela 4-37)

**Tabela 4-37: Impactos financeiros decorrentes da variação do consumo de energia com a implantação da alternativa “g”.**

	EDIFÍCIO I	EDIFÍCIO II
Consumo de energia caso base (kWh/ano)	16.143,94	20.244,87
Cons. de energia com a alternativa (kWh/ano)	15.857,04	20.107,77
Tarifa de energia (R\$/kWh)	R\$ 0,53	R\$ 0,53
<b>Total de economia/prejuízo (R\$/ano)</b>	<b>R\$ 152,47</b>	<b>R\$ 72,86</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.4.1.8 Alternativa “h”: Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado

O custo da presente alternativa foi obtido junto à empresa REFAX Fachadas e Forros Ltda., localizada em Bragança Paulista-SP e já inclui o custo do transporte e instalação.

O custo total da implantação, considerando a taxa de BDI de 25%, é de R\$ 17.356,83 para o edifício I e R\$ 6.234,98 para o edifício II. (Tabela 4-38 e Tabela 4-39)

**Tabela 4-38: Custo total da aplicação da estratégia “h” para o Edifício I.**

Serviço	Und.	Custo Unit.	Quant.	Total
<b>SERVIÇOS INCLUÍDOS</b>				
Brise Colméia, malha 150 mm x 150 mm	m <sup>2</sup>	R\$ 374,47	37,08	R\$ 13.885,47
			Total c/BDI (25%)	R\$ 17.356,83

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 4-39: Custo total da aplicação da estratégia “h” para o Edifício II.**

Serviço	Und.	Custo Unit.	Quant.	Total
<b>SERVIÇOS INCLUÍDOS</b>				
Brise Colméia, malha 150 mm x 150 mm	m <sup>2</sup>	R\$ 374,47	13,32	R\$ 4.987,98
			Total c/BDI (25%)	R\$ 6.234,98

Fonte: Elaborado pelo autor.

A implantação da alternativa gera uma economia anual no consumo de energia de R\$ 207,23 para o edifício I e R\$ 65,82 para o edifício II. (Tabela 4-40)

**Tabela 4-40: Impactos financeiros decorrentes da variação do consumo de energia com a implantação da alternativa “h”.**

	EDIFÍCIO I	EDIFÍCIO II
Consumo de energia caso base (kWh/ano)	16.143,94	20.244,87
Cons. de energia com a alternativa (kWh/ano)	15.754,00	20.121,02
Tarifa de energia (R\$/kWh)	R\$ 0,53	R\$ 0,53
<b>Total de economia/prejuízo (R\$/ano)</b>	<b>R\$ 207,23</b>	<b>R\$ 65,82</b>

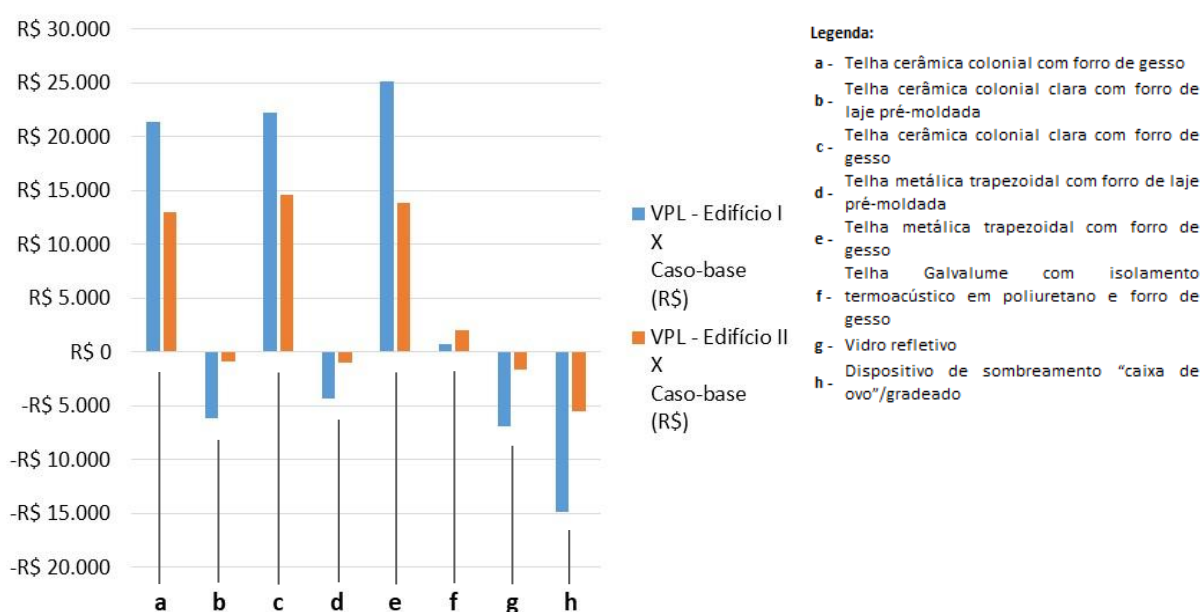
Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.4.2 Análises de Viabilidade Econômica

A Figura 4-19 apresenta o VPL das alternativas simuladas para o Edifício I e II e em relação ao caso base os quais foram obtidos através dos fluxos de caixa de cada alternativa que se encontram nos apêndices 4 e 5. Os valores positivos indicam viabilidade na implantação da respectiva alternativa no caso base.

Para ambos os edifícios, 4 alternativas resultaram viáveis economicamente: “a – Telha cerâmica colonial com forro de gesso”, “c – Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso”, “e – Telha metálica trapezoidal com forro de gesso” e “f – Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso”.

**Figura 4-19: VPL das alternativas simuladas para o Edifício I e II e em relação ao caso base.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

No edifício I, a alternativa mais viável foi a alternativa “e” com VPL de R\$ 25.130,31 e, no edifício II, a alternativa “c” com VPL de R\$ 14.647,82.

Dentre as soluções viáveis, as alternativas “a”, “c”, “e” apresentaram VPL’s próximos variando entre aproximadamente R\$ 20.000,00 e R\$ 25.000,00 para o edifício I e entre R\$ 13.000,00 e R\$ 15.000,00 para o edifício II. Já a alternativa “f” apresentou VPL bem menor do que as demais: R\$ 714,00 para o edifício I e R\$ 2.023,55 para o edifício II.

Em ambos os edifícios, as soluções relacionadas à proteção solar das aberturas (alternativas “g”: Vidro refletivo e “h”: Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado) apresentaram os piores VPL’s, sendo a alternativa “h” a pior delas (VPL de R\$ -14.909,32 para o edifício I e R\$ -5.457,62 para o edifício II).

As Tabelas Tabela 4-41 e Tabela 4-42 apresentam, em relação ao caso base e em ordem decrescente, os VPL’s das alternativas simuladas nos edifícios I e II. As células em verde claro indicam as alternativas que se demonstraram viáveis e, aquelas em vermelho, as inviáveis.

**Tabela 4-41: VPL das alternativas no Edifício I em relação ao caso base e em ordem decrescente.**

Alternativas	VPL - Edifício I X Caso-base (R\$)
<b>e</b> Telha metálica trapezoidal com forro de gesso	25.130,31
<b>c</b> Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso	22.264,00
<b>a</b> Telha cerâmica colonial com forro de gesso	21.425,04
<b>f</b> Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso	714,51
<b>d</b> Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada	-4.282,69
<b>b</b> Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada	-6.185,37
<b>g</b> Vidro refletivo	-6.890,84
<b>h</b> Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado	-14.909,32

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 4-42: VPL das alternativas no Edifício II em relação ao caso base e em ordem decrescente.**

Alternativas	VPL - Edifício II X Caso-base (R\$)
<b>c</b> Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso	14.647,82
<b>e</b> Telha metálica trapezoidal com forro de gesso	13.874,23
<b>a</b> Telha cerâmica colonial com forro de gesso	13.006,75
<b>f</b> Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso	2.023,55
<b>b</b> Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada	-893,50
<b>d</b> Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada	-969,47
<b>g</b> Vidro refletivo	-1.607,27
<b>h</b> Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado	-5.457,62

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em ambos os edifícios e quando associadas a forro de gesso, as telhas metálicas (alternativa “e”) proporcionaram um VPL melhor do que as telhas cerâmicas (alternativa “a”). Quando associadas a forro de laje pré-moldada, as telhas cerâmicas apresentam um VPL melhor (caso base), pois a implantação das telhas metálicas resulta em um VPL negativo (alternativa “d”: Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada) (Tabela 4-41 e Tabela 4-42).

As telhas termoacústicas associadas a forro de gesso (alternativa “f”) foram as apresentaram o pior VPL em relação às demais telhas com a mesma configuração de forro.

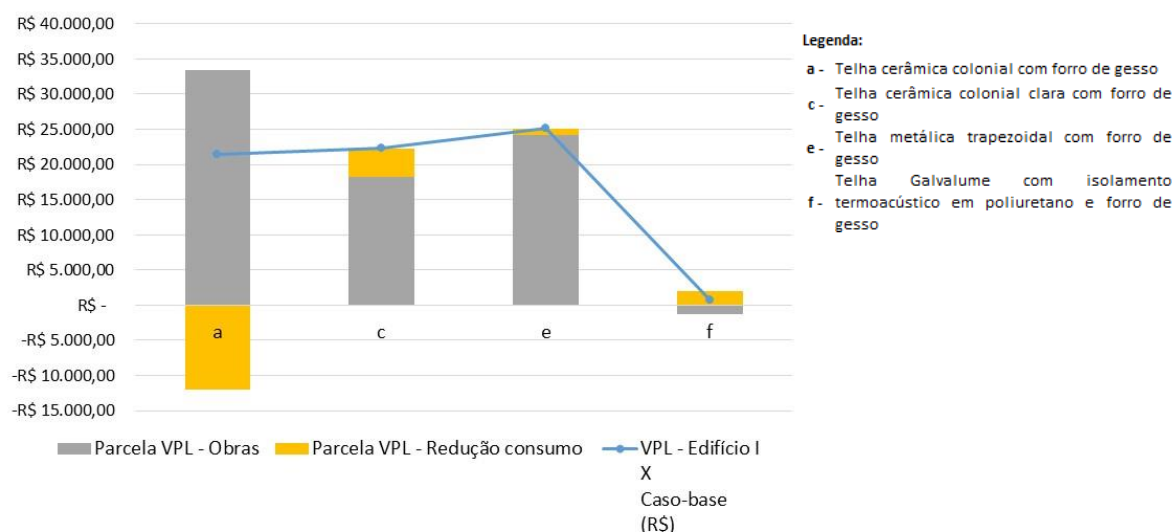
O uso de uma baixa absorvância térmica na cobertura por meio da pintura das telhas cerâmicas na cor clara somente apresentou vantagem econômica quando associado a forro de gesso (alternativas “c” em relação à alternativa “a”). Quando associado a forro de laje pré-moldada (alternativa “b”: Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada), revelou-se um VPL negativo em relação ao caso base, cujas telhas eram na cor escura original.

Observa-se que todas as soluções que previam forro de gesso (alternativas “a”, “c”, “e” e “f”) apresentaram viabilidade econômica e todas com forro de laje resultaram inviáveis (alternativas “b” e “d”).

As Figuras Figura 4-20 e Figura 4-21 apresentam as parcelas do VPL das alternativas viáveis. Observa-se, com relação às alternativas “a”, “c”, e “e”, que o benefício financeiro gerado pela economia de energia representa uma pequena parcela dos VPL’s (porção amarela das barras), enquanto que a maior parcela (porção cinza das barras) advém da economia gerada pela substituição de materiais, sobretudo da troca da laje pré-moldada, prevista no caso base, por um forro de gesso. Esse comportamento fica ainda mais evidente na alternativa “a” onde, mesmo ocorrendo um prejuízo decorrente do aumento do consumo energético, a solução apresentou viabilidade.

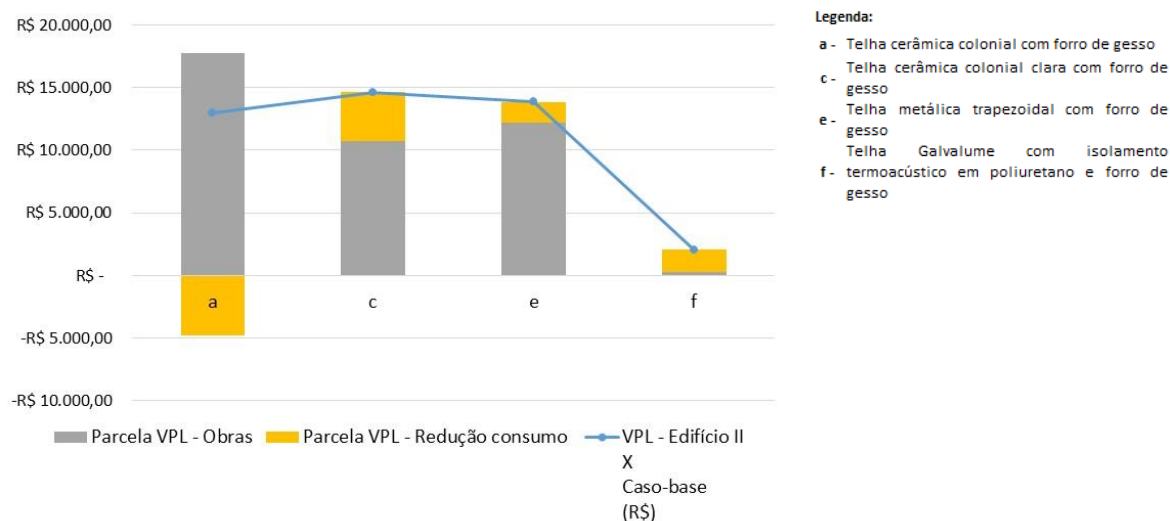
No caso da alternativa “f”, o efeito positivo da substituição da laje também permanece, porém foi compensado pelo custo elevado das telhas termoacústicas, o qual foi o principal fator responsável por gerar um VPL num patamar bem inferior ao das outras alternativas viáveis, as quais também previam forro de gesso, mas diferentes tipos de telha: telha cerâmica (alternativas “a” e “c”) e telha metálica (alternativa “e”).

**Figura 4-20: Composição do VPL das alternativas viáveis do edifício I.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 4-21: Composição do VPL das alternativas viáveis do edifício II.**



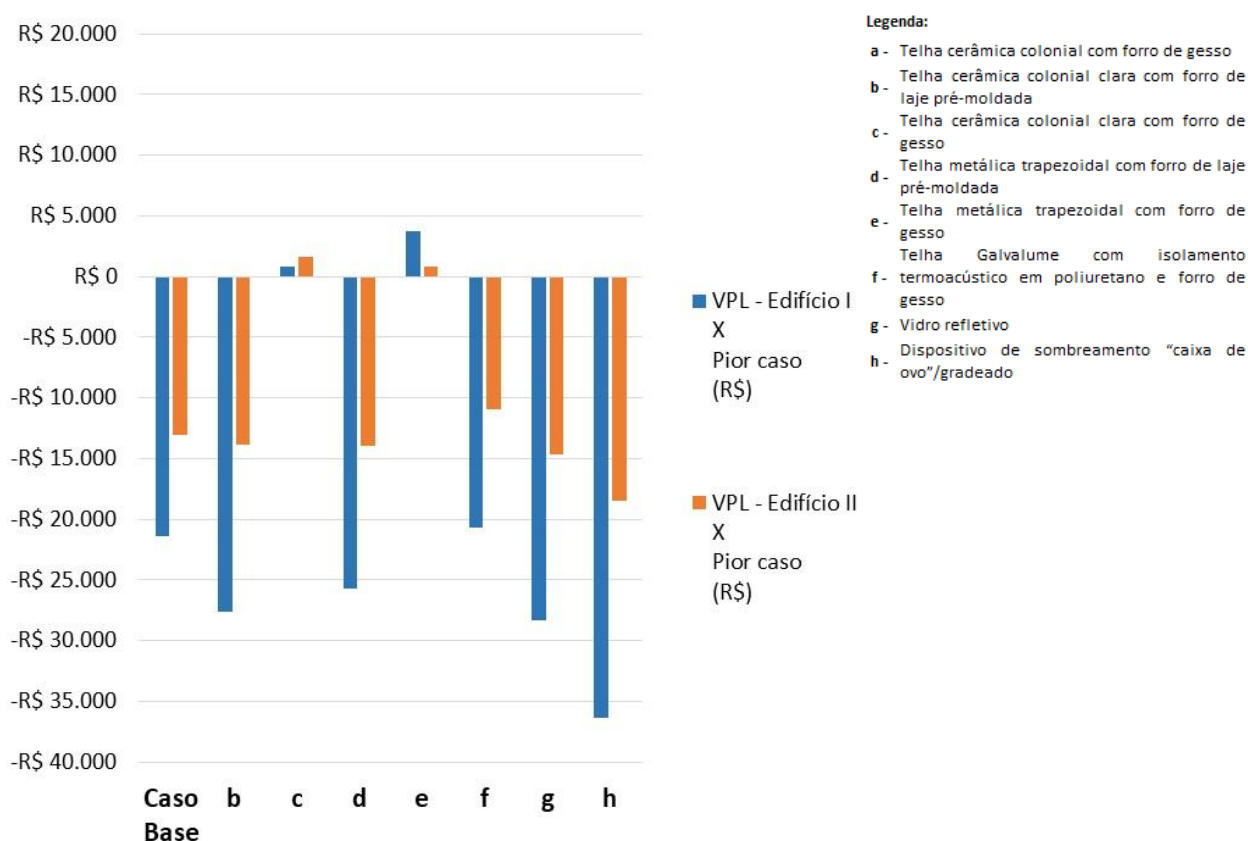
Fonte: Elaborado pelo autor.

A fim de evidenciar o potencial das alternativas de forma mais abrangente, realizou-se uma segunda análise a qual também serviu para reforçar o comportamento anteriormente identificado (reduzido benefício financeiro decorrente de economia de energia). Verificou-se a viabilidade econômica das estratégias em relação à alternativa que gerou o maior consumo energético anual (pior caso) em

ambos os edifícios (“a - Telha cerâmica colonial com forro de gesso”). Tal alternativa é bastante recorrente em obras de pequeno porte, o que acentua a importância dessa análise. Os fluxos de caixa para cada alternativa se encontram nos apêndices 6 e 7.

Conforme se verifica na Figura 4-22, o cenário se alterou. Somente as alternativas “c” (Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso) e “e” (Telha metálica trapezoidal com forro de gesso) resultaram viáveis economicamente e com baixos VPL. O VPL da alternativa “c” foi de R\$ 838,96 para o edifício I e R\$ 1.641,07 para o edifício II. O VPL da alternativa “e” foi de R\$ 3.705,27 para o edifício I e de R\$ 867,48 para o edifício II.

**Figura 4-22: VPL das alternativas simuladas para o Edifício I e II e em relação ao caso de maior consumo anual.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

As Tabelas Tabela 4-43 e Tabela 4-44 apresentam, ainda em relação ao caso de maior consumo anual (alternativa “a”) e em ordem decrescente, os VPL’s das alternativas simuladas nos edifícios I e II. As células verde-claras indicam as alternativas que se mostraram viáveis e, aquelas em vermelho, as inviáveis.

O caso base (projeto original) resultou na 4ª. posição e se mostrou inviável em relação ao pior caso, gerando um prejuízo de R\$ 21.425,04 para o edifício I e R\$ 13.006,75 para o edifício II. Tal fato evidencia que seria mais vantajoso, sob o aspecto econômico, especificar a cobertura com telhas coloniais associadas a um forro de gesso (alternativa “a”) do que a um forro de laje pré-moldada (projeto original).

A alternativa “f” (Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso), que havia apresentado viabilidade em relação ao caso base, passou a apresentar prejuízo em ambos os edifícios: R\$ 20.710,53 para o edifício I e R\$ 10.983,20 para o edifício II.

**Tabela 4-43: VPL das alternativas no Edifício I em relação ao caso de maior consumo anual e em ordem decrescente.**

Alternativas	VPL - Edifício I X Pior caso (R\$)
<b>e</b> Telha metálica trapezoidal com forro de gesso	3.705,27
<b>c</b> Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso	838,96
<b>f</b> Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso	-20.710,53
<b>Caso Base: Telha cerâmica colonial com forro de laje pré-moldada</b>	-21.425,04
<b>d</b> Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada	-25.707,73
<b>b</b> Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada	-27.610,40
<b>g</b> Vidro refletivo	-28.315,88
<b>h</b> Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado	-36.334,35

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 4-44: VPL das alternativas no Edifício II em relação ao caso de maior consumo anual e em ordem decrescente.**

Alternativas	VPL - Edifício II X Pior caso (R\$)
<b>c</b> Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso	1.641,07
<b>e</b> Telha metálica trapezoidal com forro de gesso	867,48
<b>f</b> Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso	-10.983,20
<b>Caso Base: Telha cerâmica colonial com forro de laje pré-moldada</b>	-13.006,75
<b>b</b> Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada	-13.900,26
<b>d</b> Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada	-13.976,22
<b>g</b> Vidro refletivo	-14.614,03
<b>h</b> Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado	-18.464,37

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 4.5 CONVERGÊNCIAS E DIVERGÊNCIAS

As Tabelas Tabela 4-45 e Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4-46 apresentam um quadro-resumo com os resultados da implantação das alternativas nos edifícios I e II no tocante à redução do consumo para resfriamento, à etiquetagem e à viabilidade econômica, e ainda em relação ao caso base e ao pior caso (maior consumo anual). As células em verde claro representam resultados numéricos positivos, enquanto que aquelas em vermelho claro indicam resultados numéricos negativos. Na coluna “Etiqueta RTQ-C”, as células possuem as cores das respectivas etiquetas obtidas de acordo com RTQ-C.

Os resultados demonstraram que todas as alternativas, exceto a solução “a” (Telha cerâmica colonial com forro de gesso), reduziram o consumo energético para resfriamento em relação ao caso base de ambos os edifícios. No entanto, tal efeito positivo não se refletiu do mesmo modo em relação aos impactos na etiquetagem e na viabilidade econômica.

Também houve diferenças comparando os dois edifícios analisados. De uma forma geral, quanto à redução do consumo para resfriamento em relação ao caso base, a implantação das alternativas impactou mais o edifício II. Já em relação à etiquetagem, as alternativas impactaram mais positivamente o edifício I. Além disso, no edifício I, os VPL’s das alternativas viáveis são maiores do que no edifício II, exceto pela alternativa “f” (Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso).



**Tabela 4-45: Resultados da implantação das alternativas no edifício I em relação à etiquetagem, à redução do consumo para resfriamento, e à viabilidade econômica (VPL).**

Alternativas	Etiqueta RTQ-C	Redução em relação ao Caso Base (%)	VPL (R\$) em relação ao Caso Base	Redução em relação ao Pior Caso (%)	VPL (R\$) em relação ao Pior Caso
<b>Caso Base</b>	<b>B</b>	-	-	14,5%	-21.425,04
<b>a</b> Telha cerâmica colonial com forro de gesso	<b>C</b>	-17,0%	21.425,04	-	-
<b>b</b> Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada	<b>A</b>	12,8%	-6.185,37	25,5%	-27.610,40
<b>c</b> Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso	<b>A</b>	5,8%	22.264,00	19,5%	838,96
<b>d</b> Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada	<b>A</b>	8,3%	-4.282,69	21,6%	-25.707,73
<b>e</b> Telha metálica trapezoidal com forro de gesso	<b>B</b>	1,3%	25.130,31	15,7%	3.705,27
<b>f</b> Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso	<b>B</b>	2,8%	714,51	17,0%	-20.710,53
<b>g</b> Vidro refletivo	<b>B</b>	2,6%	-6.890,84	16,7%	-28.315,88
<b>h</b> Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado	<b>A</b>	3,5%	-14.909,32	17,5%	-36.334,35

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 4-46: Resultados da implantação das alternativas no edifício II em relação à etiquetagem, à redução do consumo para resfriamento e à viabilidade econômica (VPL).**

Alternativas	Etiqueta RTQ-C	Redução em relação ao Caso Base (%)	VPL (R\$) em relação ao Caso Base	Redução em relação ao Pior Caso (%)	VPL (R\$) em relação ao Pior Caso
<b>Caso Base</b>	<b>B</b>	-	-	9,6%	-13.006,75
<b>a</b> Telha cerâmica colonial com forro de gesso	<b>C</b>	-10,6%	13.006,75	-	-
<b>b</b> Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada	<b>A</b>	13,7%	-893,50	21,9%	-13.900,26
<b>c</b> Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso	<b>A</b>	8,7%	14.647,82	17,4%	1.641,07
<b>d</b> Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada	<b>A</b>	8,6%	-969,47	17,3%	-13.976,22
<b>e</b> Telha metálica trapezoidal com forro de gesso	<b>C</b>	3,6%	13.874,23	12,9%	867,48
<b>f</b> Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso	<b>C</b>	3,8%	2.023,55	13,0%	-10.983,20
<b>g</b> Vidro refletivo	<b>B</b>	1,9%	-1.607,27	11,3%	-14.614,03
<b>h</b> Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado	<b>B</b>	1,7%	-5.457,62	11,1%	-18.464,37

Fonte: Elaborado pelo autor.

O uso de uma baixa absorvância na cobertura por meio da pintura das telhas na cor clara se mostrou eficaz para reduzir significativamente o consumo para resfriamento e melhorar o nível da eficiência da envoltória em relação ao caso base (Tabela 4-45 e Fonte: Elaborado pelo autor).

Tabela 4-46: alternativas “b” - Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada e “c” - Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso). No entanto, somente se verificou vantagem econômica dessa estratégia quando associada a forro

de gesso. A alternativa “b”, que se diferenciava do caso base (telhas cerâmicas com forro de laje pré-moldada) apenas pela aplicação de cor clara nas telhas, foi a que mais impactou positivamente na etiquetagem e na redução do consumo para resfriamento do caso base, mas se revelou inviável economicamente em ambos os edifícios. Já quando se compara as alternativas “c” e “a”, ambas com forro de gesso, verifica-se que a pintura das telhas na solução “c” apresentou, além de viabilidade, vantagem econômica em relação à alternativa “a” em ambos os edifícios.

Nas duas edificações, todas as alternativas viáveis em relação ao caso base e ao caso de maior consumo anual (pior caso) estavam relacionadas à cobertura (Tabela 4-45 e Fonte: Elaborado pelo autor).

Tabela 4-46: alternativas “a”, “c”, “e” e “f”), sendo que a alternativa “f” foi a menos viável. Na etiquetagem, as telhas termoacústicas (alternativa “f”) não elevaram o nível da eficiência da envoltória em relação ao caso base (nível “B”), nem se destacaram em relação aos outros tipos de telha (alternativas “a” - Telha cerâmica colonial com forro de gesso e “e” - Telha metálica trapezoidal com forro de gesso). Por outro lado, entre essas alternativas (“a”, “e” e “f”), as telhas termoacústicas (alternativa “f”) foram as que mais impactaram na redução do consumo para resfriamento, seguidas pelas telhas metálicas (alternativa “e”) e telhas cerâmicas (alternativa “a”).

Em ambos os edifícios e quando associadas a forro de gesso, as telhas metálicas (alternativa “e”) proporcionaram um VPL melhor do que as telhas cerâmicas (alternativa “a”), ocorrendo o inverso quando associadas a forro de laje pré-moldada (alternativas “d” - Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada e caso base) (Tabela 4-45 e Fonte: Elaborado pelo autor).

Tabela 4-46). Por outro lado, na etiquetagem e na redução do consumo para resfriamento, as telhas metálicas apresentaram melhores resultados que as cerâmicas em ambas as configurações de forro.

A alternativa “c” (Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso) foi a única solução que reduziu o consumo para resfriamento, apresentou viabilidade e proporcionou a obtenção da etiqueta nível “A” em ambos os edifícios.

Essa alternativa foi a mais viável para o edifício II. No entanto, para o edifício I, foi a alternativa “e” (Telha metálica trapezoidal com forro de gesso) que apresentou maior viabilidade. A solução “e” no edifício I também reduziu o consumo para resfriamento do caso base, mas em cerca de 80% a menos que a solução “c” (2ª. mais viável) e, em relação à etiquetagem, o impacto da alternativa “e” também foi menor,

mantendo a envoltória no mesmo nível “B” do caso base. Ou seja, para o edifício I, seria mais vantajoso economicamente adotar a alternativa “e” ao invés da “c”, mesmo reduzindo o consumo para resfriamento em patamares menores e sem elevar o nível da eficiência da envoltória para “A”.

As soluções relacionadas à proteção solar das aberturas (Tabela 4-45 e Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4-46: alternativas “g” - Vidro refletivo e “h” - Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado) resultaram inviáveis economicamente e foram as que apresentaram os piores VPL’s em ambos os edifícios. Quanto à redução do consumo para resfriamento em relação ao caso base e à etiquetagem, apenas se verificou resultados um pouco mais significativos no edifício I, provavelmente devido às suas aberturas estarem voltadas para leste e oeste. O melhor resultado se deu com a implantação da alternativa “h” nessa edificação que, mesmo inviável economicamente, reduziu o consumo e elevou o nível de eficiência da envoltória para “A”.

De uma forma geral, em ambos os prédios, o sombreamento horizontal previamente existente (projeção da laje do forro) pode ter minimizado os benefícios das alternativas relacionadas à proteção solar das aberturas, mas, como para a latitude de Natal-RN, o sombreamento horizontal é um pouco menos eficaz nas orientações leste e oeste, os efeitos positivos da implantação das alternativas “g” e “h” se revelaram mais no edifício I (aberturas voltadas para Leste e Oeste). O inverso ocorre no edifício II, que possui as aberturas voltadas para norte e sul, onde o sombreamento horizontal é mais eficaz, minimizando os efeitos das alternativas testadas.

Além da alternativa “h” mencionada acima, outras alternativas conseguiram reduzir o consumo para resfriamento do caso base, como também elevaram a etiqueta para “A”, mas foram inviáveis economicamente para ambos os edifícios: alternativas “b” (Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada) e “d” (Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada). (Tabela 4-45 e Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4-46)

Como já citado, a alternativa “b”, embora não tenha apresentado viabilidade, foi a que gerou a maior redução de consumo para resfriamento em relação ao caso base em ambos os edifícios (cerca de 13%), como também a que resultou no maior impacto

positivo na etiquetagem (etiqueta “A”). De fato, conforme verificado na seção 4.1, a laje consegue promover um atraso térmico bastante favorável nos edifícios, o que se refletiu nos resultados relacionados à redução do consumo para resfriamento e etiquetagem. Embora se tenham obtido bons níveis de desempenho energético com alternativas com forro de gesso, que agregam ainda a vantagem de leveza estrutural (e.g., alternativa “c”), as alternativas com forro de laje foram melhores.

No entanto, os resultados apontam que o custo do forro de laje pré-moldada, não compensa os seus benefícios na redução do consumo. Todas as alternativas que previam forro de laje pré-moldada resultaram inviáveis economicamente, enquanto que todas as alternativas que previam forro de gesso foram viáveis, ressaltando que foram desconsideradas no custo eventuais trocas do forro de gesso decorrentes de problemas na fixação ou infiltrações. De uma forma geral, verificou-se que, em ambos os edifícios, a viabilidade econômica das alternativas em relação ao caso base se deu muito mais em razão da economia gerada na substituição de materiais do que pela redução do consumo de energia, sobretudo na troca da laje pré-moldada do caso base por um forro de gesso. Tal constatação ficou ainda mais evidente com a alternativa “a” que, mesmo tendo gerado, para ambos os edifícios, o maior consumo anual e resultado numa etiqueta pior (nível “C”), apresentou viabilidade.

Por fim, quando se analisam as alternativas em relação ao caso de maior consumo anual (Tabela 4-45 e Fonte: Elaborado pelo autor).

Tabela 4-46: alternativa “a” e coluna “VPL (R\$) em relação ao Pior Caso”), confirma-se o aspecto discutido acima, donde se conclui que reduzir o consumo de energia dos edifícios analisados por meio da implantação das demais alternativas é economicamente inviável na maior parte das soluções discutidas. Somente 2 alternativas (alternativas “c” e “e”) resultaram viáveis economicamente e com valores muito marginais.

Contudo, para evitar generalizações equivocadas, é importante enfatizar o contexto em que se inserem as análises econômicas. Muito embora tenham sido utilizados alguns dados de uma escola específica construída em Natal-RN, CMEI Fernanda Jales (rotina de uso e ocupação, climatização, padrão de uso da iluminação e densidade de cargas internas e respectivo padrão de uso), o objeto de estudo dessa dissertação é **o projeto padrão TIPO B do PROINFÂNCIA**, que é a base para a construção de todas as unidades no país. Assim, a implantação das alternativas e seus respectivos custos não se restringiram somente às áreas correspondentes aos

ambientes condicionados do CMEI Fernanda Jales, mas à área total dos edifícios analisados. Nesse contexto, destaca-se que a viabilidade das alternativas implantadas no projeto padrão é fortemente influenciada pela área condicionada e pela rotina de uso e ocupação de cada unidade construída. No caso específico, os edifícios I e II analisados possuíam 41% e 31% de área condicionada, respectivamente, e o período de atividades era predominante diurno.

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados dessa pesquisa evidenciam que as alternativas com melhores desempenhos energéticos podem não representar as melhores soluções de um projeto. Para se identificar, de uma forma mais abrangente, a solução ótima, deve-se considerar também análises econômicas. Em ambos os edifícios, a solução que mais impactou positivamente a eficiência energética não foi a mais viável economicamente. Além disso, demonstrou-se que a viabilidade econômica é muito mais influenciada pelo custo das alternativas do que pelo benefício financeiro relacionado à redução do consumo.

Verificou-se um potencial significativo de redução no consumo de energia para resfriamento de até aproximadamente 26% e quase todas as alternativas demonstraram eficácia em melhorar o desempenho energético dos edifícios. No entanto, a maior parte delas demonstrou inviabilidade econômica ou vantagens insignificantes em relação ao modelo de maior consumo simulado. Já em relação ao caso base (projeto original), apesar dos resultados revelarem alternativas viáveis, isso se deu muito mais em decorrência da substituição de materiais por outros mais baratos do que pelo benefício financeiro com a redução do consumo. Tais constatações podem indicar uma dificuldade em se obter viabilidade econômica em processos hipotéticos de *retrofit* em que o caso base possa exigir materiais mais caros, o que também foi observado em CASCIO *et al.* (2017) e Guo e Wei (2016).

Mesmo nesse contexto em que a redução do consumo gera pouco reflexo financeiro, se considerarmos um cenário hipotético onde a eficiência energética seja a única condicionante de projeto, o VPL das soluções viáveis pode representar um prejuízo aos cofres públicos, uma vez que não estariam implementadas no caso base. Mais especificamente, a alternativa “c” (Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso) seria a única solução viável economicamente que reduziria o consumo de ambos os edifícios e atenderia as recomendações governamentais para eficiência energética de edificações públicas (etiqueta nível “A”). Sua implantação no edifício I (caso base) representaria uma economia de R\$ 22.264,00 e no edifício II (caso base) R\$ 14.647,82.

Trata-se de valores significativos, principalmente se considerarmos que o objeto de estudo é um projeto padrão que tem sido edificado em uma quantidade considerável no clima quente e úmido do RN (21 unidades) e onde muito

provavelmente tais resultados podem se repetir numa ordem de grandeza semelhante. Nesse cenário hipotético, e considerando ainda os demais prédios do projeto base (edifícios III e IV), estimar-se-ia um prejuízo global de cerca R\$ 1.200.000,00 ( $=21 \times [2 \times \text{R\$ } 22.264 + \text{R\$ } 14.647]$ ), o que praticamente seria suficiente para construir uma outra unidade.

Dessa forma, evidencia-se ainda mais a importância de se realizar estudos prévios para a implantação de alternativas de eficiência energética em um edifício, reforçando as constatações de Rodrigues (2014).

Há que se ressaltar, no entanto, alguns aspectos inerentes à utilização de simulação computacional como ferramenta para essa análise prévia no setor público. Sabe-se que a maioria dos municípios, que são os entes federados responsáveis pela execução de grande parte das obras públicas, possui recursos orçamentários muito restritos, o que dificulta a disponibilidade de verba e de pessoal suficiente para elaboração de estudos de simulação. Seria necessário, portanto, um esforço conjunto e integrado dos entes federados (União, Estados e Municípios) para se valer das oportunidades de economia tratadas nesse estudo. Além disso, a necessidade de coleta e inserção de uma vasta gama de variáveis, tais como rotinas de uso e ocupação e.g., além da própria modelagem e ajustes no programa computacional, torna o processo demorado. Muitas delas carregam também, na sua essência, incertezas que, a depender da finalidade a que vão se prestar os resultados, podem inviabilizar seu uso. No caso de se estimar prejuízos financeiros ao erário público decorrentes de insatisfatório desempenho energético, tem-se a necessidade de uma avaliação mais célere e com uma precisão mais acurada.

Em relação às alternativas estudadas, aquelas relacionadas à cobertura foram as que apresentaram os melhores resultados, tanto em relação à melhoria do desempenho energético quanto em relação à viabilidade econômica, apesar de que a existência de um sombreamento horizontal no caso base (projeção da laje do forro) possa ter minimizado os benefícios das soluções relacionadas à proteção solar das aberturas. De toda forma, os resultados convergem com as simulações iniciais que indicavam que as cargas térmicas advinham predominantemente da cobertura em ambos os edifícios, o que reforça também a utilidade de se incorporar simulações computacionais desde as fases iniciais do projeto, mesmo em um nível relativamente alto de incertezas, conforme constatado por Rodrigues (2014).

As telhas cerâmicas coloniais apresentaram o pior desempenho energético quando comparadas com as telhas metálicas e termoacústicas. No entanto, quando pintadas com cor clara e associadas a forro de gesso constituem a melhor opção entre os demais tipos de telha, sendo ainda a única alternativa a apresentar, além de redução no consumo, viabilidade econômica e etiqueta “A” na avaliação pelo RTQ-C. Evidencia-se, portanto, assim como em Simas (2009), Cheng, Ng e Givoni (2005) e Pacheco (2016), que a baixa absorvância da cobertura obtida por meio de cores claras é uma estratégia bastante eficaz para reduzir o consumo.

O forro de laje pré-moldada previsto no projeto original da creche, conforme as simulações iniciais, promove um atraso térmico que favorece o desempenho energético do caso base. De fato, esse elemento também se demonstrou bastante válido na redução do consumo, mas seu custo não compensou.

Entre os dois prédios estudados, Edifício I (salas de aula, formato alongado e com fachada maior voltada para Leste-Oeste) e Edifício II (escritórios, formato retangular e fachada maior voltada para norte-sul), de uma forma geral, a implantação simulada das alternativas impactou mais o edifício II no tocante à redução do consumo para resfriamento em relação ao caso base. Já em relação à etiquetagem e viabilidade econômica, as alternativas impactaram mais positivamente o edifício I.

Os objetivos da pesquisa foram então alcançados. Foram revelados os impactos de alternativas construtivas nos edifícios I e II do Projeto Tipo B – PROINFÂNCIA/FNDE em relação à redução do consumo de energia, ao nível de eficiência energética do RTQ-C e à viabilidade econômica. Esses impactos foram ainda confrontados, a partir do que se pode analisar com mais propriedade os potenciais de cada alternativa.

Em suma, conclui-se que, principalmente em se tratando de obras públicas, os benefícios de economia de energia decorrentes da implantação de soluções construtivas e o atendimento às normas e regulamentos devem ser combinados com análises econômicas a fim de se identificar, de uma forma mais abrangente, a solução ótima de projeto. Nesse sentido o uso de simulações computacionais associadas com análises econômicas por meio do Valor Presente Líquido se mostrou um procedimento adequado para o método desenvolvido e sobretudo uma ferramenta útil para esse processo de tomada decisão.



## 5.1 LIMITAÇÕES DO TRABALHO E ESTUDOS FUTUROS

Um dos principais obstáculos da presente pesquisa estão relacionados à constante busca de aproximar as análises econômicas da realidade, minimizando suas incertezas. No entanto, alguns parâmetros adotados inevitavelmente limitam os resultados.

Primeiramente, considerou-se um fluxo de caixa com 30 anos apenas, sendo este tomado como o tempo de vida útil dos edifícios. No entanto, algumas edificações podem alcançar 50 anos ou mais.

O custo da energia elétrica foi considerado constante ao longo do horizonte de análise. No entanto, seu preço pode sofrer grandes alterações, decorrente principalmente de variações fortes na oferta e demanda, como nas crises hídricas que sucedem costumeiramente. Isso é importante pois um aumento de valor provocaria naturalmente um maior benefício financeiro decorrente da economia de energia.

Além disso, alguns outros benefícios decorrentes da implantação das estratégias não foram considerados por serem subjetivos ou de difícil mensuração, tais como a melhoria do conforto térmico e do bem-estar dos usuários, o que certamente reflete na produtividade, e a eventual redução dos impactos ambientais e dos investimentos públicos em geração de energia.

A exiguidade do tempo e o contexto da pesquisa também limitaram as alternativas construtivas analisadas àquelas mais recorrentes. No entanto, o crescente desenvolvimento das tecnologias para aproveitamento das energias renováveis vem incentivando o surgimento e a redução de custos de alternativas construtivas relacionadas, tais como os painéis solares utilizados em telhados. Nesse sentido, seria de bastante utilidade um estudo semelhante que abrangesse outras soluções não tão usuais, principalmente àquelas relacionadas à microgeração de energia, pois agregaria ainda uma outra fonte de receitas, o que pode revelar bons resultados.

Por se tratar de um estudo de caso, o recorte da pesquisa se restringiu a edifícios de um pavimento, com usos e tipologias específicos. A reduzida área de fachada em relação à área de cobertura pode não ter revelado da forma mais apropriada a eficácia e o potencial de estratégias de sombreamento das aberturas para o clima de Natal/RN. Nesse contexto, como tais fatores influenciam sobremaneira o consumo de energia e, a fim de ampliar as conclusões e confrontar os resultados,

sugere-se a aplicação da metodologia em edificações com outras características, tais como, áreas e volumetria maiores, maiores áreas de fachada e poucas subdivisões internas.

Por fim, em relação à etiquetagem, ressalte-se que está em desenvolvimento um novo método de avaliação da etiquetagem por meio do qual se pode chegar a resultados distintos. Ademais, a eficiência energética em edificações, no contexto do RTQ-C, engloba outros aspectos além da envoltória: iluminação e ar-condicionado. Assim, um estudo análogo a esta pesquisa envolvendo esses fatores complementaria as análises e contribuiria para um entendimento mais aprofundado do tema e para o aperfeiçoamento do processo de etiquetagem.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social** ABNT. Rio de Janeiro, NBR 15220-3, 2005.

\_\_\_\_\_. **Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários Parte 3: Qualidade do ar interior**. ABNT. Rio de Janeiro, NBR 16401-3, 2008

\_\_\_\_\_. **Edificações habitacionais — Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais para desempenho de edificações habitacionais**. ABNT. São Paulo, NBR 15575-1, 2013.

AGUIAR, F. B. S. **Tecnologias e Soluções para uma Envolória Energeticamente Eficiente** 2013. Monografia (MBA). Universidade Cidade de São Paulo, São Paulo.

ANEEL. **Procedimentos do Programa de Eficiência Energética –PROPEE - Módulo 7: Cálculo de Viabilidade**. ANEEL. Brasília, 2013.

BOTTEON, C. **Curso de avaliação socioeconômica de projetos - Apostila indicadores de rentabilidade**. 2009. Disponível em: < <https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/0/35920/Introduccion-portugues.pdf> >. Acesso em: 17 de setembro de 2017

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. **Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010. Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. Diário Oficial da União. 2010.

\_\_\_\_\_. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. **Portaria nº 18, de 16 de janeiro de 2012. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (RTQ-R)**. Diário Oficial da União. 2012.

\_\_\_\_\_. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Instrução Normativa n.º 2, de 4 de junho de 2014 - Capítulo III DAS EDIFICAÇÕES NOVAS E RETROFITS**. Diário Oficial da União. 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério da Fazenda, Banco Central do Brasil. **Histórico das taxas de juros**. 2017. Disponível em: < <https://www.bcb.gov.br/Pec/Copom/Port/taxaSelic.asp> >. Acesso em: 30 de maio de 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério da Fazenda, Banco Central do Brasil. **Taxa Selic - Definição**. 2018. Disponível em: < [http://www.bcb.gov.br/htms/selic/conceito\\_taxaselic.asp?idpai=SELICTAXA](http://www.bcb.gov.br/htms/selic/conceito_taxaselic.asp?idpai=SELICTAXA) >. Acesso em: 27 de junho de 2018.

BUTERA, F. M.; ADHIKARI, R.; ASTE, N. **Sustainable Building Design for Tropical Climates** Nairobi: UN-Habitat, 2015. Disponível em: < <http://unhabitat.org/books/sustainable-building-design-for-tropical-climates/> >.

CASCIO, E. L.; MA, Z.; BORELLI, D.; SCHENONE, C. Residential building retrofit through numerical simulation: a case study. **Energy Procedia**, v. 111, p. 91–100, 2017.

CEF. **Relatório SINAPI - Custo de Composição Analítico, Agosto/2017, Natal/RN.** 2017. Disponível em: < <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx> >. Acesso em: setembro/2017.

CHENG, V.; NG, E.; GIVONI, B. Effect of envelope colour and thermal mass on indoor temperatures in hot humid climate. **Solar Energy**, v. 78, p. 528-534, 2005.

CIAMP, M.; LECCESE, F.; TUONI, G. Ventilated facades energy performance in summer cooling of buildings. **Solar Energy**, v. 75, p. 491–502, 2003.

DESIGNBUILDER SOFTWARE LTD. **DesignBuilder**.2000-2009.

\_\_\_\_\_. **DesignBuilder 2.1 User Manual**. 2009.

FERREIRA, M.; ALMEIDA, M.; RODRIGUES, A. Cost-optimal energy efficiency levels are the first step in achieving cost effective renovation in residential buildings with a nearly-zero energy target. **Energy and Buildings**, v. 133, p. 724–737, 2016.

FIASCHI, D.; BANDINELLI, R.; CONTI, S. A case study for energy issues of public buildings and utilities in a small municipality: Investigation of possible improvements and integration with renewables. **Applied Energy**, v. 97, p. 101–114, 2012.

FNDE. **Projeto Arquitetônico Tipo B - Proinfância/FNDE**. Brasília-DF: FNDE. 2009. Disponível em: < <http://www.fnde.gov.br/arquivos/category/130-proinfancia?download=8395:projeto-arquitetonico-dwg> >. Acesso em: 19 de março de 2017.

\_\_\_\_\_. **Projeto Elétrico Tipo B - Proinfância/FNDE**. Brasília-DF: FNDE. 2012. Disponível em: < <http://www.fnde.gov.br/arquivos/category/130-proinfancia?download=8396:projeto-eletrico-dwg> >. Acesso em: 22 de abril de 2017.

\_\_\_\_\_. **Memorial Descritivo Projeto Proinfância - Tipo B**. Brasília-DF: FNDE. 2013. Disponível em: < <http://www.fnde.gov.br/arquivos/category/130-proinfancia?download=7875:memorial-decritivo-do-projeto> >. Acesso em: 19 de junho de 2016.

FREEWAN, A. A. Y. Impact of external shading devices on thermal and daylighting performance of offices in hot climate regions. **Solar Energy**, v. 102, p. 14-30, 2014.

FULLER, S. K.; PETERSEN, S. R. **Life-cycle costing manual for the Federal Energy Management Program - Handbook 135** Washington, EUA: National Institute of Standards Technology. 1995. Disponível em: < [http://ws680.nist.gov/publication/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=907459](http://ws680.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=907459) >. Acesso em: 17 de setembro de 2017.

GEDRA, R. L. **Análise de viabilidade financeira para obtenção de créditos de carbono em projetos de eficiência energética**. 2009. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétrica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GUO, S.-J.; WEI, T. Cost-effective energy saving measures based on BIM technology: Casestudy at National Taiwan University. **Energy and buildings**, v. 127, p. 433-441, 2016.

HOLANDA, A. D. **Roteiro para construir no Nordeste**. Recife: UFPE, 1976. 48.

INMETRO. **Tabelas de consumo/eficiência energética de condicionadores de ar split hi-wall com rotação fixa**. 2017. Disponível em: < [http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores\\_ar\\_split\\_hiwall\\_indiceno\\_vo.pdf](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores_ar_split_hiwall_indiceno_vo.pdf) >. Acesso em: maio/2017.

LABEEE. Arquivos climáticos INMET 2016. 2017. Disponível em: < <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2016> >. Acesso em: Junho/2017.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura** 3ª Edição. Florianópolis: 2014. Disponível em: < [http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia\\_energetica\\_na\\_arquitetura.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia_energetica_na_arquitetura.pdf) >. Acesso em: 26/07/2017.

LAU, A. K. K.; SALLEH, E.; LIM, C. H.; SULAIMAN, M. Y. Potential of shading devices and glazing configurations on cooling energy savings for high-rise office buildings in hot-humid climates: The case of Malaysia. **International Journal of Sustainable Built Environment International Journal of Sustainable Built Environment**, n. 5, p. 387-399, 2016.

LIMA, G. L. F. **Influência das Variáveis Arquitetônicas no Desempenho Energético de Hotéis no Clima Quente e Úmido**. 2007a. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

LIMA, R. V. D. S. **A influência de decisões arquitetônicas na eficiência energética do campus / UFRN**. 2007b. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal.

MA, Z.; COOPER, P.; DALY, D.; LEDO, L. Existing building retrofits: Methodology and state-of-the-art. **Energy and Buildings**, v. 55, p. 889–902, 2012.

MUNOZ, P.; MORALES, P.; LETELIER, V.; MUNOZ, L.; MORA, D. Implications of Life Cycle Energy Assessment of a new school building, regarding the nearly Zero Energy Buildings targets in EU: A case of Study. **Sustainable Cities and Society**, v. 32, p. 142–152, 2017.

NATAL. **CMEI Professora Fernanda Jales vai ser inaugurado nesta quarta-feira**: Prefeitura Municipal do Natal. 2012. Disponível em: < <http://www.natal.rn.gov.br/noticia/ntc-7974.html> >. Acesso em: 26 de maio de 2017.

PACHECO, G. H. S. **Determinação de recomendações bioclimáticas para Habitação de interesse social de quatro climas do Rio Grande Do Norte**. 2016. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

PEDRINI, A. **Integration of low energy strategies to the early stages of design process of office buildings in warm climate**. 2003. Tese (Ph.D.). Department of Architecture, University of Queensland, Brisbane.

PROCEL. **Manual para Etiquetagem de Edificações Públicas**. Rio de Janeiro: Procel/Eletronbras, 2014. Disponível em: < [http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual\\_Etiquetagem\\_Edificacoes\\_Publicas.pdf](http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual_Etiquetagem_Edificacoes_Publicas.pdf) >. Acesso em: 12 de dezembro de 2016.

\_\_\_\_\_. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Desenvolvido pelo governo brasileiro. Apresenta textos sobre a conservação de energia elétrica. , Disponível em: < <http://www.procel.gov.br/> >. Acesso em: 12 de dezembro de 2016.

PROINFÂNCIA. Programa Nacional de Reestruturação e Aquisição de Equipamentos para a Rede Escolar Pública de Educação Infantil. 16 de maio de 2016, Disponível em: < <http://www.fnede.gov.br/programas/proinfancia/proinfancia-apresentacao> >.

PUCCINI, E. C. **Matemática financeira e análise de investimentos**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2011.

RAKHSHAN, K.; FRIESSB, W. A. Effectiveness and viability of residential building energy retrofits in Dubai. **Journal of Building Engineering**, v. 13, p. 116–126, 2017.

RATTANONGPHISAT, W.; BUTERA, F. M.; ADHIKARI, R. S.; YOOPRATETH, C. The Importance of Building Criteria on Cooling Energy Demand of a Low Cost Residential House: Thailand Case Study. **Recent Researches in Environmental and Geological Sciences**, 2012. Disponível em: < <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2012/Kos/WEGECEM/WEGECEM-32.pdf> >.

RATTANONGPHISAT, W.; RORDPRAPAT, W. Strategy for energy efficient buildings in tropical climate. **Energy Procedia**, v. 52, p. 10-17, 2014.

REBELATO, D. **Projeto de Investimento**. Barueri: Manole, 2004.

REHMAN, H. U. Experimental performance evaluation of solid concrete and dry insulation materials for passive buildings in hot and humid climatic conditions. **Applied Energy**, v. 185, p. 1585–1594, 2017.

RODRIGUES, C.; FREIRE, F. Building retrofit addressing occupancy: An integrated cost and environmental life-cycle analysis. **Energy and Buildings**, v. 140, p. 388–398, 2017.

RODRIGUES, C. O. M. **Integração da simulação termoenergética com o processo de projeto: a análise de 6 casos**. 2014. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

RUPARATHNA, R.; HEWAGE, K.; SADIQ, R. Economic evaluation of building energy retrofits: A fuzzy based approach. **Energy and Buildings**, v. 139, p. 395–406, 2017.

SHEN, B.; HAN, Y.; PRICE, L.; LU, H.; LIU, M. Techno-economic evaluation of strategies for addressing energy and environmental challenges of industrial boilers in China. **Energy**, v. 118, p. 526-533, 2017.

SILVA, H. M.; SANTIAGO, L. P. **Análise de viabilidade da substituição de equipamentos sob incerteza: o caso da São Bento Mineração S.A.** XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Fortaleza-CE. 2006. Disponível em: < [www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006\\_TR510344\\_7705.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR510344_7705.pdf) >. Acesso em: 30 de maio de 2018.

SIMAS, S. R. N. G. **Análise do custo-benefício de sistemas de cobertas em edificações comerciais para o clima de Natal/RN visando eficiência energética.** 2009. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

SIMEC - Sistema Integrado de Monitoramento Execução e Controle.: banco de dados, Disponível em: < <http://simec.mec.gov.br> >. Acesso em: 16/05/2016.

SIQUEIRA JÚNIOR, A. A. **Tecnologia de fachadas-cortina com placas de grés porcelanato.** 2003. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo.

STEPHAN, A.; CRAWFORD, R. H. The relationship between house size and life cycle energy demand: Implications for energy efficiency regulations for buildings. **Energy**, v. 116, p. 1158-1171, 2016.

VAHL, F. P.; CAMPOS, L. M. S.; FILHO, N. C. Sustainability constraints in techno-economic analysis of general lighting retrofits. **Energy and Buildings**, v. 67, p. 500–507, 2013.

VALE, A. M.; FELIX, D. G.; FORTES, M. Z.; BORBA, B. S. M. C.; DIAS, B. H.; SANTELLI, B. S. Analysis of the economic viability of a photovoltaic generation project applied to the Brazilian housing program “Minha Casa Minha Vida”. **Energy Policy**, v. 108, p. 292–298, 2017.

## 6 APÊNDICES

### 6.1 APÊNDICE 1. DADOS DO EDIFÍCIO I OBTIDOS DOS PROJETOS OU COLETADOS DO CMEI FERNANDA JALES.

Tabela 6-1: Padrão de ocupação da zona térmica "Creche NII-A/C" do edifício I.

OCUPAÇÃO							
		Fator metab.	Quant. Máx.				
Homem		1,00	0	Fator metabólico ponderado			
Mulher (Prof/assist/func)		0,85	2			0,77	
Mulher (Estagiária)		0,85	2				
Criança		0,75	20	Área (m <sup>2</sup> )		26,34	
Total			24				
				Densidade de ocupação (pessoas/m <sup>2</sup> )		0,91	

PADRÃO DE OCUPAÇÃO							
	2a. Feira	3a. Feira	4a. Feira	5a. Feira	6a. Feira	Sábado	Domingo
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7 h	92%	92%	100%	100%	92%	0%	0%
8 h	0%	46%	100%	100%	0%	0%	0%
9 h	92%	61%	0%	0%	92%	0%	0%
10 h	92%	92%	100%	100%	92%	0%	0%
11 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
12 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
13 h	92%	92%	92%	92%	92%	0%	0%
14 h	31%	31%	31%	31%	31%	0%	0%
15 h	76%	76%	76%	76%	76%	0%	0%
16 h	92%	92%	92%	92%	92%	0%	0%
17 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
18 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
19 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
21 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
22 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
23 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
24 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor.



Tabela 6-2: Padrão de ocupação da zona térmica "Creche NII-B/D" do edifício I.

OCUPAÇÃO							
		Fator metab.	Quant. Máx.				
	Homem	1,00	0	}	Fator metabólico ponderado	0,77	
	Mulher (Prof/assist/func)	0,85	2				
	Mulher (Estagiária)	0,85	2	}	Área (m²)	26,87	
	Criança	0,75	20		Densidade de ocupação (pessoas/m²)	0,89	
	Total		24				
PADRÃO DE OCUPAÇÃO							
	2a. Feira (%)	3a. Feira (%)	4a. Feira (%)	5a. Feira (%)	6a. Feira (%)	Sábado (%)	Domingo (%)
1 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7 h	92%	92%	92%	92%	92%	0%	0%
8 h	0%	0%	46%	46%	46%	0%	0%
9 h	92%	92%	61%	61%	61%	0%	0%
10 h	92%	92%	92%	92%	92%	0%	0%
11 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
12 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
13 h	92%	92%	100%	100%	92%	0%	0%
14 h	31%	31%	33%	33%	31%	0%	0%
15 h	76%	76%	83%	83%	76%	0%	0%
16 h	92%	92%	100%	100%	92%	0%	0%
17 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
18 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
19 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
21 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
22 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
23 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
24 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 6-3: Padrão de ocupação da zona térmica "Creche NIII" do edifício I.

OCUPAÇÃO							
		Fator metab.	Quant. Máx.				
Homem		1,00	0	Fator metabólico ponderado	0,76		
Mulher (Prof/assist/func)		0,85	2				
Mulher (Estagiária)		0,85	2	Área (m <sup>2</sup> )	37,35		
Criança		0,75	25				
<b>Total</b>			<b>29</b>	Densidade de ocupação (pessoas/m <sup>2</sup> )	0,78		

PADRÃO DE OCUPAÇÃO							
	2a. Feira (%)	3a. Feira (%)	4a. Feira (%)	5a. Feira (%)	6a. Feira (%)	Sábado (%)	Domingo (%)
1 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7 h	93%	93%	100%	100%	93%	0%	0%
8 h	31%	47%	17%	100%	16%	0%	0%
9 h	31%	47%	100%	100%	93%	0%	0%
10 h	78%	93%	100%	100%	93%	0%	0%
11 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
12 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
13 h	90%	90%	97%	97%	90%	0%	0%
14 h	30%	30%	32%	32%	30%	0%	0%
15 h	75%	75%	80%	80%	75%	0%	0%
16 h	90%	90%	97%	97%	90%	0%	0%
17 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
18 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
19 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
21 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
22 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
23 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
24 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 6-4: Padrão de ocupação da zona térmica "Creche NIV" do edifício I.

OCUPAÇÃO							
		Fator metab.	Quant. Máx.				
Homem		1,00	0	}	Fator metabólico ponderado	0,76	
Mulher (Prof/assist/func)		0,85	2				
Mulher (Estagiária)		0,85	2	}	Área (m <sup>2</sup> )	37,26	
Criança		0,75	25				
<b>Total</b>			<b>29</b>		Densidade de ocupação (pessoas/m <sup>2</sup> )	0,78	

PADRÃO DE OCUPAÇÃO							
	2a. Feira (%)	3a. Feira (%)	4a. Feira (%)	5a. Feira (%)	6a. Feira (%)	Sábado (%)	Domingo (%)
1 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7 h	93%	93%	100%	100%	93%	0%	0%
8 h	31%	93%	100%	100%	16%	0%	0%
9 h	93%	16%	17%	100%	93%	0%	0%
10 h	93%	31%	100%	100%	93%	0%	0%
11 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
12 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
13 h	90%	90%	90%	90%	90%	0%	0%
14 h	30%	30%	30%	30%	30%	0%	0%
15 h	75%	75%	75%	75%	75%	0%	0%
16 h	90%	90%	90%	90%	90%	0%	0%
17 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
18 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
19 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
21 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
22 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
23 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
24 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 6-5: Padrão de ocupação da zona térmica "Sala Multiuso" do edifício I.

OCUPAÇÃO							
		Fator metab.	Quant. Máx.				
	Homem	1,00	0	Fator metabólico ponderado			
	Mulher (Prof/assist/func)	0,85	2				0,76
	Mulher (Estagiária)	0,85	2		Área (m2)		28,08
	Criança	0,75	25				
	Total		29	Densidade de ocupação (pessoas/m2)		1,03	
PADRÃO DE OCUPAÇÃO							
	2a. Feira (%)	3a. Feira (%)	4a. Feira (%)	5a. Feira (%)	6a. Feira (%)	Sábado (%)	Domingo (%)
1 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
8h00	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
8h10	0%	62%	100%	0%	76%	0%	0%
8h20	0%	62%	100%	0%	76%	0%	0%
8h30	62%	62%	0%	0%	76%	0%	0%
8h40	62%	76%	100%	76%	76%	0%	0%
8h50	62%	76%	100%	76%	76%	0%	0%
9h00	0%	76%	0%	76%	76%	0%	0%
9h10	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9h20	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9h30	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9h40	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9h50	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
10 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
11 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
12 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
13h00	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
13h10	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
13h20	62%	62%	62%	62%	62%	0%	0%
13h30	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
13h40	76%	76%	0%	0%	0%	0%	0%
13h50	0%	76%	0%	76%	0%	0%	0%
14h00	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
14h10	76%	0%	0%	76%	76%	0%	0%
14h20	0%	0%	0%	0%	76%	0%	0%
14h30	76%	76%	0%	76%	76%	0%	0%
14h40	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
14h50	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
15 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
16 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
17 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
18 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
19 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
21 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
22 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
23 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
24 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 6-6: Cargas internas das zonas térmicas do Edifício I.

ZONAS TÉRMICAS - EDIFÍCIO I										
Equipamentos	Creche NII-A/C	Repouso NII-A/C	Creche NII-B/D	Repouso NII-B/D	Creche NIII	Creche NIV	Sanitários	Sala Multi-uso	Lab. Informática	Suporte
Potência (W)										
TV LED 32"	75	-	75	-	-	75	-	-	-	-
Aparelho de Som	440	-	440	-	440	440	-	-	-	-
TV de Tubo 20"	-	-	-	-	49	-	-	-	-	-
Switch 24 portas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	132
Estabilizador	-	-	-	-	-	-	-	-	-	980
<b>Potência instalada (W)</b>	515	0	515	0	489	515	0	0	0	1112
<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	26,34	10,49	26,87	10,49	37,35	37,26	37,35	28,08	23,85	12,16
<b>Densidade Pot. Instalada (W/m<sup>2</sup>)</b>	19,55	0,00	19,17	0,00	13,09	13,82	0,00	0,00	0,00	91,43

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 6-7: Densidade de potência de iluminação das zonas térmicas do Edifício I.

		ZONAS TÉRMICAS - EDIFÍCIO I									
Tipo de luminária/ lâmpada	Potência (W)	Creche NII-A/C	Repouso NII-A/C	Creche NII-B/D	Repouso NII-B/D	Creche NIII	Creche NIV	Sanitários	Sala Multi-uso	Lab. Informática	Suporte
		Quantidades									
Projektor c/lâmp. de vapor Metálico de 70W	70										
Sobrepor c/2 lâmp. fluorescentes de 32W	64	4		4		4	4	4	3		1
Sobrepor c/2 lâmp. fluorescentes de 16W	32	1		1				2			2
Sobrepor c/aletas c/2 lâmp. Fluorescentes 32W	64									4	
Projektor c/lâmp. de vapor Metálico de 150W	150										
Arandela de sobrepor com uma lâmpada incandescente de 60W	60		2		2						
Potência instalada (W)		288	120	288	120	256	256	320	192	256	128
Área (m²)		26,34	10,49	26,87	10,49	37,35	37,26	37,35	28,08	23,85	12,16
Densidade de Iluminação (W/m²)		10,94	11,44	10,72	11,44	6,85	6,87	8,57	6,84	10,73	10,52

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-8: Padrão de uso de iluminação/equipamentos das zonas térmicas "Creche NII-A/C" e "Repouso NII-A/C" do edifício I.**

	PADRÃO DE USO ILUMINAÇÃO/EQUIPAMENTO						
	2a. Feira	3a. Feira	4a. Feira	5a. Feira	6a. Feira	Sábado	Domingo
1 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
8 h	0%	50%	100%	100%	0%	0%	0%
9 h	100%	67%	0%	0%	100%	0%	0%
10 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
11 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
12 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
13 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
14 h	33%	33%	33%	33%	33%	0%	0%
15 h	83%	83%	83%	83%	83%	0%	0%
16 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
17 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
18 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
19 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
21 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
22 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
23 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
24 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-9: Padrão de uso de iluminação/equipamentos das zonas térmicas "Creche NII-B/D" e "Repouso NII-B/D" do edifício I.**

	PADRÃO DE USO ILUMINAÇÃO/EQUIPAMENTO						
	2a. Feira	3a. Feira	4a. Feira	5a. Feira	6a. Feira	Sábado	Domingo
1 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
8 h	0%	0%	50%	50%	50%	0%	0%
9 h	100%	100%	67%	67%	67%	0%	0%
10 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
11 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
12 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
13 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
14 h	33%	33%	33%	33%	33%	0%	0%
15 h	83%	83%	83%	83%	83%	0%	0%
16 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
17 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
18 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
19 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
21 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
22 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
23 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
24 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-10: Padrão de uso de iluminação/equipamentos da zona térmica "Creche NIII" do edifício I.**

	PADRÃO DE USO ILUMINAÇÃO/EQUIPAMENTO						
	2a. Feira	3a. Feira	4a. Feira	5a. Feira	6a. Feira	Sábado	Domingo
1 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
8 h	33%	50%	17%	100%	17%	0%	0%
9 h	33%	50%	100%	100%	100%	0%	0%
10 h	83%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
11 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
12 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
13 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
14 h	33%	33%	33%	33%	33%	0%	0%
15 h	83%	83%	83%	83%	83%	0%	0%
16 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
17 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
18 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
19 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
21 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
22 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
23 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
24 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-11: Padrão de uso de iluminação/equipamentos da zona térmica "Creche NIV" do edifício I.**

	PADRÃO DE USO ILUMINAÇÃO/EQUIPAMENTO						
	2a. Feira	3a. Feira	4a. Feira	5a. Feira	6a. Feira	Sábado	Domingo
1 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
8 h	33%	100%	100%	100%	17%	0%	0%
9 h	100%	17%	17%	100%	100%	0%	0%
10 h	100%	33%	100%	100%	100%	0%	0%
11 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
12 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
13 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
14 h	33%	33%	33%	33%	33%	0%	0%
15 h	83%	83%	83%	83%	83%	0%	0%
16 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
17 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
18 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
19 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
21 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
22 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
23 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
24 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-12: Padrão de uso de iluminação da zona térmica "Sala Multiuso" do edifício I.**

	PADRÃO DE USO ILUMINAÇÃO						
	2a. Feira (%)	3a. Feira (%)	4a. Feira (%)	5a. Feira (%)	6a. Feira (%)	Sábado (%)	Domingo (%)
1 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
8h00	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
8h10	0%	100%	100%	0%	100%	0%	0%
8h20	0%	100%	100%	0%	100%	0%	0%
8h30	100%	100%	0%	0%	100%	0%	0%
8h40	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
8h50	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
9h00	0%	100%	0%	100%	100%	0%	0%
9h10	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9h20	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9h30	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9h40	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9h50	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
10 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
11 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
12 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
13h00	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
13h10	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
13h20	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
13h30	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
13h40	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
13h50	0%	100%	0%	100%	0%	0%	0%
14h00	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
14h10	100%	0%	0%	100%	100%	0%	0%
14h20	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
14h30	100%	100%	0%	100%	100%	0%	0%
14h40	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
14h50	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
15 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
16 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
17 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
18 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
19 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
21 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
22 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
23 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
24 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor.



**Tabela 6-13: Padrão de uso de equipamentos da zona térmica "Suporte" do edifício I.**

	PADRÃO DE USO DE EQUIPAMENTO						
	2a. Feira	3a. Feira	4a. Feira	5a. Feira	6a. Feira	Sábado	Domingo
1 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
2 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
3 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
4 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
5 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
6 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
7 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
8 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
9 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
10 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
11 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
12 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
13 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
14 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
15 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
16 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
17 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
18 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
19 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
20 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
21 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
22 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
23 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
24 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-14: Características dos modelos de aparelho de ar condicionado utilizados nas zonas térmicas condicionadas do edifício I para obtenção do consumo base.**

Zona Térmica	Btu's	Tipo	No. Série	COP	Nível Eficiência
Creche NII-A/C	18000	Split sem renovação de ar	SRFE-18000-2	3,01	C
Repouso NII-A/C	12000	Split sem renovação de ar	SRFEC-12000-2	2,95	C
Creche NII-B/D	24000	Split sem renovação de ar	SRFE-24000-2	2,82	C
Repouso NII-B/D	12000	Split sem renovação de ar	SRFEC-12000-2	2,95	C
Creche NIII	24000	Split sem renovação de ar	SRFE-24000-2	2,82	C
Creche NIV	18000	Split sem renovação de ar	SRFE-18000-2	3,01	C
Sanitários	Não condicionado				
Multi-uso	30000	Split sem renovação de ar	SRFE-30000-2	2,88	C
Info	18000	Split sem renovação de ar	SRFE-18000-2	3,01	C
Suporte	Não condicionado				

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-15: Padrão de uso do ar-condicionado no edifício I (exceto zona térmica “Sala Multiuso”).**

	PADRÃO DE USO DE AR-CONDICIONADO						
	2a. Feira (%)	3a. Feira (%)	4a. Feira (%)	5a. Feira (%)	6a. Feira (%)	Sábado (%)	Domingo (%)
<b>1 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>2 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>3 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>4 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>5 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>6 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>7 h</b>	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
<b>8 h</b>	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
<b>9 h</b>	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
<b>10 h</b>	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
<b>11 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>12 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>13 h</b>	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
<b>14 h</b>	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
<b>15 h</b>	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
<b>16 h</b>	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
<b>17 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>18 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>19 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>20 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>21 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>22 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>23 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>24 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-16: Padrão de uso do ar-condicionado na zona térmica “Sala Multiuso” do edifício I.**

	PADRÃO DE USO AR-CONDICIONADO						
	2a. Feira (%)	3a. Feira (%)	4a. Feira (%)	5a. Feira (%)	6a. Feira (%)	Sábado (%)	Domingo (%)
1 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
8h00	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
8h10	0%	100%	100%	0%	100%	0%	0%
8h20	0%	100%	100%	0%	100%	0%	0%
8h30	100%	100%	0%	0%	100%	0%	0%
8h40	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
8h50	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
9h00	0%	100%	0%	100%	100%	0%	0%
9h10	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9h20	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9h30	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9h40	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9h50	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
10 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
11 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
12 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
13h00	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
13h10	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
13h20	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
13h30	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
13h40	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
13h50	0%	100%	0%	100%	0%	0%	0%
14h00	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
14h10	100%	0%	0%	100%	100%	0%	0%
14h20	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
14h30	100%	100%	0%	100%	100%	0%	0%
14h40	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
14h50	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
15 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
16 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
17 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
18 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
19 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
21 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
22 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
23 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
24 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 6.2 APÊNDICE 2. DADOS DO EDIFÍCIO II OBTIDOS DOS PROJETOS OU COLETADOS DO CMEI FERNANDA JALES.

Tabela 6-17: Padrão de ocupação da zona térmica "Diretoria" do edifício II.

OCUPAÇÃO							
		Fator metab.	Quant. Máx.				
Homem		1,00	0	}	Fator metabólico ponderado	0,85	
Mulher (Prof/assist/func)		0,85	4				
Mulher (Estagiária)		0,85	0				
Criança		0,75	0				
Total			4	}	Área (m²)	24,85	
				}	Densidade de ocupação (pessoas/m²)	0,16	
PADRÃO DE OCUPAÇÃO							
	2a. Feira	3a. Feira	4a. Feira	5a. Feira	6a. Feira	Sábado	Domingo
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
8 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
9 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
10 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
11 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
12 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
13 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
14 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
15 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
16 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
17 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
18 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
19 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
21 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
22 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
23 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
24 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 6-18: Padrão de ocupação da zona térmica "Secretaria" do edifício II.

OCUPAÇÃO							
		Fator metab.	Quant. Máx.				
Homem		1,00	1	Fator metabólico ponderado		Área (m²)	11,88
Mulher (Prof/assist/func)		0,85	0				
Mulher (Estagiária)		0,85	0	Densidade de ocupação (pessoas/m²)	0,08		
Criança		0,75	0				
Total			1				
PADRÃO DE OCUPAÇÃO							
	2a. Feira (%)	3a. Feira (%)	4a. Feira (%)	5a. Feira (%)	6a. Feira (%)	Sábado (%)	Domingo (%)
1 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
8 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
9 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
10 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
11 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
12 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
13 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
14 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
15 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
16 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
17 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
18 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
19 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
21 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
22 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
23 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
24 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-19: Padrão de ocupação da zona térmica "Sala dos Professores" do edifício II.**

OCUPAÇÃO							
		Fator metab.	Quant. Máx.				
Homem		1,00	0	}	Fator metabólico ponderado	0,85	
Mulher (Prof/assist/func)		0,85	17				
Mulher (Estagiária)		0,85	0	}	Área (m <sup>2</sup> )	18,23	
Criança		0,75	0				
<b>Total</b>			<b>17</b>		Densidade de ocupação (pessoas/m <sup>2</sup> )	0,93	
PADRÃO DE OCUPAÇÃO							
	2a. Feira (%)	3a. Feira (%)	4a. Feira (%)	5a. Feira (%)	6a. Feira (%)	Sábado (%)	Domingo (%)
<b>1 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>2 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>3 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>4 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>5 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>6 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>7 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>8 h</b>	39%	100%	39%	39%	39%	0%	0%
<b>9 h</b>	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>10 h</b>	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>11 h</b>	47%	47%	47%	47%	59%	0%	0%
<b>12 h</b>	24%	47%	24%	47%	71%	0%	0%
<b>13 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>14 h</b>	22%	22%	22%	22%	22%	0%	0%
<b>15 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>16 h</b>	29%	0%	29%	0%	29%	0%	0%
<b>17 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>18 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>19 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>20 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>21 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>22 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>23 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>24 h</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 6-20: Cargas internas das zonas térmicas do Edifício II.

ZONAS TÉRMICAS - EDIFÍCIO II						
Equipamentos	Secretaria	Direção	Recepção	Sala dos Professores	Almoxarifado	Sanitários
Potência (W)						
Notebook	40	-	-	-	-	-
CPU	50	50	-	-	-	-
Monitor	18	18	-	-	-	-
Estabilizador	840	980	-	-	-	-
Impressora multifuncional	-	1,8	-	-	-	-
Estabilizador 2	-	840	-	-	-	-
Gelágua torre	125	-	-	-	-	-
Transformador	-	1050	-	-	-	-
Switch	-	240	-	-	-	-
Geladeira	-	-	-	147,92	-	-
<b>Potência instalada (W)</b>	1073	3180	-	148	-	-
<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	24,85	11,88	34,38	18,23	12,56	13,60
<b>Densidade Pot. Instalada (W/m<sup>2</sup>)</b>	43,18	267,66	-	8,11	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 6-21: Densidade de potência de iluminação das zonas térmicas do Edifício I.

ZONAS TÉRMICAS - EDIFÍCIO II							
Tipo de luminária/lâmpada	Potência (W)	Secretaria	Diretoria	Recepção	Sala dos Professores	Almoxarifado	Sanitários
Quantidades							
Projeto c/lâmp. de vapor Metálico de 70W	70						
Sobrepor c/2 lâmp. fluorescentes de 32W	64	5,00	3,00	4,00	3,00	1,00	2,00
Sobrepor c/2 lâmp. fluorescentes de 16W	32						
Sobrepor c/aletas c/2 lâmp. Fluorescentes 32W	64						
Projeto c/lâmp. de vapor Metálico de 150W	150						
Arandela de sobrepor com uma lâmpada incandescente de 60W	60						
<b>Potência instalada (W)</b>		320	192	256	192	64	128
<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>		24,85	11,88	34,38	18,23	12,56	13,60
<b>Densidade de Iluminação (W/m<sup>2</sup>)</b>		12,88	16,16	7,45	10,53	5,10	9,41

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 6-22: Padrão de uso de iluminação da zona térmica "Diretoria" do edifício II.

	PADRÃO DE USO ILUMINAÇÃO						
	2a. Feira	3a. Feira	4a. Feira	5a. Feira	6a. Feira	Sábado	Domingo
1 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
8 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
9 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
10 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
11 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
12 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
13 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
14 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
15 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
16 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
17 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
18 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
19 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
21 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
22 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
23 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
24 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 6-23: Padrão de uso de iluminação da zona térmica "Secretaria" do edifício II.

	PADRÃO DE USO ILUMINAÇÃO						
	2a. Feira	3a. Feira	4a. Feira	5a. Feira	6a. Feira	Sábado	Domingo
1 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
8 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
9 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
10 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
11 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
12 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
13 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
14 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
15 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
16 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
17 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
18 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
19 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
21 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
22 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
23 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
24 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor.



**Tabela 6-24: Padrão de uso de iluminação da zona térmica "Sala dos Professores" do edifício II.**

	PADRÃO DE USO ILUMINAÇÃO						
	2a. Feira	3a. Feira	4a. Feira	5a. Feira	6a. Feira	Sábado	Domingo
1 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
8 h	67%	100%	67%	67%	67%	0%	0%
9 h	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
10 h	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
11 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
12 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
13 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
14 h	50%	50%	50%	50%	50%	0%	0%
15 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
16 h	100%	0%	100%	0%	100%	0%	0%
17 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
18 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
19 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
21 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
22 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
23 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
24 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-25: Padrão de uso de equipamentos da zona térmica "Diretoria" do edifício II.**

	PADRÃO DE USO DE EQUIPAMENTO						
	2a. Feira (%)	3a. Feira (%)	4a. Feira (%)	5a. Feira (%)	6a. Feira (%)	Sábado (%)	Domingo (%)
1 h	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
2 h	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
3 h	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
4 h	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
5 h	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
6 h	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
7 h	12%	100%	100%	100%	100%	12%	12%
8 h	100%	100%	100%	100%	100%	12%	12%
9 h	100%	100%	100%	100%	100%	12%	12%
10 h	100%	100%	100%	100%	100%	12%	12%
11 h	100%	100%	100%	100%	100%	12%	12%
12 h	100%	100%	100%	100%	100%	12%	12%
13 h	100%	100%	100%	100%	100%	12%	12%
14 h	100%	100%	100%	100%	100%	12%	12%
15 h	100%	100%	100%	100%	100%	12%	12%
16 h	100%	100%	100%	100%	100%	12%	12%
17 h	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
18 h	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
19 h	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
20 h	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
21 h	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
22 h	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
23 h	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
24 h	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-26: Padrão de uso de equipamentos da zona térmica "Secretaria" do edifício II.**

	PADRÃO DE USO DE EQUIPAMENTO						
	2a. Feira (%)	3a. Feira (%)	4a. Feira (%)	5a. Feira (%)	6a. Feira (%)	Sábado (%)	Domingo (%)
1 h	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%
2 h	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%
3 h	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%
4 h	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%
5 h	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%
6 h	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%
7 h	100%	100%	100%	100%	100%	67%	67%
8 h	100%	100%	100%	100%	100%	67%	67%
9 h	100%	100%	100%	100%	100%	67%	67%
10 h	100%	100%	100%	100%	100%	67%	67%
11 h	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%
12 h	100%	100%	100%	100%	100%	67%	67%
13 h	100%	100%	100%	100%	100%	67%	67%
14 h	100%	100%	100%	100%	100%	67%	67%
15 h	100%	100%	100%	100%	100%	67%	67%
16 h	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%
17 h	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%
18 h	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%
19 h	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%
20 h	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%
21 h	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%
22 h	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%
23 h	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%
24 h	67%	67%	67%	67%	67%	67%	67%

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-27: Padrão de uso de equipamentos da zona térmica "Sala dos Professores" do edifício II.**

	PADRÃO DE USO DE EQUIPAMENTO						
	2a. Feira (%)	3a. Feira (%)	4a. Feira (%)	5a. Feira (%)	6a. Feira (%)	Sábado (%)	Domingo (%)
1 h	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2 h	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
3 h	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
4 h	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
5 h	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
6 h	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
7 h	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
8 h	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
9 h	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
10 h	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
11 h	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
12 h	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
13 h	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
14 h	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
15 h	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
16 h	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
17 h	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
18 h	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
19 h	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
20 h	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
21 h	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
22 h	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
23 h	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
24 h	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-28: Características dos modelos de aparelho de ar condicionado utilizados nas zonas térmicas condicionadas do edifício I para obtenção do consumo base.**

Zona Térmica	Btu's	Tipo	No. Série	COP	Nível Eficiência
Secretaria	24000	Split sem renovação de ar	SRFE-24000-2	2,82	C
Direção	18000	Split sem renovação de ar	SRFE-18000-2	3,01	C
Recepção	Não condicionado				
Sala dos Professores	18000	Split sem renovação de ar	SRFE-18000-2	3,01	C
Almoxarifado	Não condicionado				
Sanitários	Não condicionado				

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-29: Padrão de uso do ar-condicionado na zona térmica "Diretoria" do edifício II.**

	PADRÃO DE USO DE AR-CONDICIONADO						
	2a. Feira	3a. Feira	4a. Feira	5a. Feira	6a. Feira	Sábado	Domingo
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
8 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
9 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
10 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
11 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
12 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
13 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
14 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
15 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
16 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
17 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
18 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
19 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
21 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
22 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
23 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
24 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-30: Padrão de uso do ar-condicionado na zona térmica “Secretaria” do edifício II.**

	PADRÃO DE USO DE AR-CONDICIONADO						
	2a. Feira (%)	3a. Feira (%)	4a. Feira (%)	5a. Feira (%)	6a. Feira (%)	Sábado (%)	Domingo (%)
1 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
8 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
9 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
10 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
11 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
12 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
13 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
14 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
15 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
16 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
17 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
18 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
19 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
21 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
22 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
23 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
24 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-31: Padrão de uso do ar-condicionado na zona térmica “Sala dos Professores” do edifício II.**

	PADRÃO DE USO DE AR-CONDICIONADO						
	2a. Feira (%)	3a. Feira (%)	4a. Feira (%)	5a. Feira (%)	6a. Feira (%)	Sábado (%)	Domingo (%)
1 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
7 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
8 h	67%	100%	67%	67%	67%	0%	0%
9 h	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
10 h	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%
11 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
12 h	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%
13 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
14 h	50%	50%	50%	50%	50%	0%	0%
15 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
16 h	100%	0%	100%	0%	100%	0%	0%
17 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
18 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
19 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
21 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
22 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
23 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
24 h	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 6.3 APÊNDICE 3. ORÇAMENTOS E COMPOSIÇÕES DE CUSTOS UNITÁRIOS DE SERVIÇOS.

**Tabela 6-32: Composição SINAPI 88492 - Aplicação mecânica de pintura com tinta latex acrílica em teto, duas demãos.**

Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Unitário (R\$)	Total (R\$)
88492	APLICAÇÃO MECÂNICA DE PINTURA COM TINTA LATEX ACRÍLICA EM TETO, DUAS DEMÃOS.	M²			7,43
INSUMO 7356	TINTA ACRILICA PREMIUM, COR BRANCO FOSCO	L	0,37	16,64	6,15
COMPOSICAO 88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,022	13,08	0,28
COMPOSICAO 95218	PULVERIZADOR DE TINTA ELÉTRICO/MÁQUINA DE PINTURA AIRLESS, VAZÃO 2 L/MIN - CHP DIURNO. AF_08/2016	CHP	0,0082	17,86	0,14
COMPOSICAO 95219	PULVERIZADOR DE TINTA ELÉTRICO/MÁQUINA DE PINTURA AIRLESS, VAZÃO 2 L/MIN - CHI DIURNO. AF_08/2016	CHI	0,0506	17,02	0,86

Fonte: CEF (2017).

**Tabela 6-33: Composição SINAPI 92565 - Fabricação e instalação de estrutura pontalexada de madeira não aparelhada para telhados com até 2 águas e para telha cerâmica ou de concreto, incluso transporte vertical.**

Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Unitário (R\$)	Total (R\$)
92565	FABRICAÇÃO E INSTALAÇÃO DE ESTRUTURA PONTALEXADA DE MADEIRA NÃO APARELHADA PARA TELHADOS COM ATÉ 2 ÁGUAS E PARA TELHA CERÂMICA OU DE CONCRETO, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_12/2015	M²			24,54
INSUMO 4425	VIGA DE MADEIRA NAO APARELHADA 6 X 12 CM, MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO	M	0,222	18,73	4,15
INSUMO 4430	CAIBRO DE MADEIRA NAO APARELHADA *5 X 6* CM, MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO	M	0,556	9,67	5,37
INSUMO 4472	VIGA DE MADEIRA NAO APARELHADA *6 X 16* CM, MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO	M	0,185	25,49	4,71
INSUMO 5075	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 18 X 30 (2 3/4 X 10)	KG	0,24	9,48	2,27
COMPOSICAO 88239	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,138	13,03	1,79
COMPOSICAO 88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,373	16,13	6,01
COMPOSICAO 93281	GUINCHO ELÉTRICO DE COLUNA, CAPACIDADE 400 KG, COM MOTO FREIO, MOTOR TRIFÁSICO DE 1,25 CV - CHP DIURNO. AF_03/2016	CHP	0,007	14,66	0,1
COMPOSICAO 93282	GUINCHO ELÉTRICO DE COLUNA, CAPACIDADE 400 KG, COM MOTO FREIO, MOTOR TRIFÁSICO DE 1,25 CV - CHI DIURNO. AF_03/2016	CHI	0,0103	13,98	0,14

Fonte: CEF (2017).

**Tabela 6-34: Composição SINAPI 92541 - Trama de madeira composta por ripas, caibros e terças para telhados de até 2 águas para telha cerâmica capa-canal, incluso transporte vertical.**

Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Unitário (R\$)	Total (R\$)
92541	TRAMA DE MADEIRA COMPOSTA POR RIPAS, CAIBROS E TERCAS PARA TELHADOS DE ATÉ 2 ÁGUAS PARA TELHA CERÂMICA CAPA-CANAL, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_12/2015	M²			55,48
INSUMO 4408	RIPA DE MADEIRA NAO APARELHADA *1,5 X 5* CM, MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO	M	2,523	2,13	5,37
INSUMO 4425	VIGA DE MADEIRA NAO APARELHADA 6 X 12 CM, MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO	M	0,721	18,73	13,5
INSUMO 4430	CAIBRO DE MADEIRA NAO APARELHADA *5 X 6* CM, MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO	M	2,29	9,67	22,14
INSUMO 20247	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 15 X 15 (1 1/4 X 13)	KG	0,07	10,49	0,73
INSUMO 39027	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 19 X 36 (3 1/4 X 9)	KG	0,05	9,47	0,47
INSUMO 40568	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 22 X 48 (4 1/4 X 5)	KG	0,03	9,55	0,28
COMPOSICAO 88239	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,397	13,03	5,17
COMPOSICAO 88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,4	16,13	6,45
COMPOSICAO 93281	GUINCHO ELÉTRICO DE COLUNA, CAPACIDADE 400 KG, COM MOTO FREIO, MOTOR TRIFÁSICO DE 1,25 CV - CHP DIURNO. AF_03/2016	CHP	0,0404	14,66	0,59
COMPOSICAO 93282	GUINCHO ELÉTRICO DE COLUNA, CAPACIDADE 400 KG, COM MOTO FREIO, MOTOR TRIFÁSICO DE 1,25 CV - CHI DIURNO. AF_03/2016	CHI	0,056	13,98	0,78

Fonte: CEF (2017).

**Tabela 6-35: Composição SINAPI 94201 - Telhamento com telha cerâmica capa-canal, tipo colonial, com até 2 águas, incluso transporte vertical.**

Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Unitário (R\$)	Total (R\$)
94201	TELHAMENTO COM TELHA CERAMICA CAPA-CANAL, TIPO COLONIAL, COM ATE 2 AGUAS, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_06/2016	M <sup>2</sup>			22,14
INSUMO	7176 TELHA CERAMICA TIPO COLONIAL, COMPRIMENTO DE *44* CM, RENDIMENTO DE *26* TELHAS/M2	UN	27,535	0,5	13,76
COMPOSICAO	88316 SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,399	13,08	5,21
COMPOSICAO	88323 TELHADISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,133	14,43	1,91
COMPOSICAO	93281 GUINCHO ELÉTRICO DE COLUNA, CAPACIDADE 400 KG, COM MOTO FREIO, MOTOR TRIFÁSICO DE 1,25 CV - CHP DIURNO. AF_03/2016	CHP	0,0372	14,66	0,54
COMPOSICAO	93282 GUINCHO ELÉTRICO DE COLUNA, CAPACIDADE 400 KG, COM MOTO FREIO, MOTOR TRIFÁSICO DE 1,25 CV - CHI DIURNO. AF_03/2016	CHI	0,0516	13,98	0,72

Fonte: CEF (2017).

**Tabela 6-36: Composição SINAPI 94221 - Cumeeira para telha cerâmica emboçada com argamassa traço 1:2:9 (cimento, cal e areia) para telhados com até 2 águas, incluso transporte vertical.**

Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Unitário (R\$)	Total (R\$)
94221	CUMEEIRA PARA TELHA CERAMICA EMBOCADA COM ARGAMASSA TRACO 1:2:9 (CIMENTO, CAL E AREIA) PARA TELHADOS COM ATE 2 AGUAS, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_06/2016	M			12,48
INSUMO	7181 CUMEEIRA PARA TELHA CERAMICA, COMPRIMENTO DE *41* CM, RENDIMENTO DE *3* TELHAS/M	UN	3	1,29	3,87
COMPOSICAO	87337 ARGAMASSA TRAÇO 1:2:9 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM MISTURADOR DE EIXO HORIZONTAL DE 300 KG. AF_06/2014	M <sup>3</sup>	0,0117	283,09	3,31
COMPOSICAO	88316 SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,209	13,08	2,73
COMPOSICAO	88323 TELHADISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,164	14,43	2,36
COMPOSICAO	93281 GUINCHO ELÉTRICO DE COLUNA, CAPACIDADE 400 KG, COM MOTO FREIO, MOTOR TRIFÁSICO DE 1,25 CV - CHP DIURNO. AF_03/2016	CHP	0,0063	14,66	0,09
COMPOSICAO	93282 GUINCHO ELÉTRICO DE COLUNA, CAPACIDADE 400 KG, COM MOTO FREIO, MOTOR TRIFÁSICO DE 1,25 CV - CHI DIURNO. AF_03/2016	CHI	0,0087	13,98	0,12

Fonte: CEF (2017).

**Tabela 6-37: Composição SINAPI 94216 - Telhamento com telha metálica termoacústica e = 30 mm, com até 2 águas, incluso içamento.**

Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Unitário (R\$)	Total (R\$)
94216	TELHAMENTO COM TELHA METALICA TERMOACUSTICA E = 30 MM, COM ATE 2 AGUAS, INCLUSO ICAMENTO. AF_06/2016	M <sup>2</sup>			99,80
INSUMO	11029 HASTE RETA PARA GANCHO DE FERRO GALVANIZADO, COM ROSCA 1/4 " X 30 CM PARA FIXACAO DE TELHA METALICA, INCLUI PORCA E ARRUELAS DE VEDACAO	CJ	4,15	1,31	5,43
INSUMO	42172 TELHA GALVALUME COM ISOLAMENTO TERMOACUSTICO EM ESPUMA RIGIDA DE POLIURETANO (PU) INJETADO, E = 30 MM, DENSIDADE 35 KG/M3, COM DUAS FACES TRAPEZOIDAIS (NAO INCLUI ACESSORIOS DE FIXACAO) (COLETADO CAIXA)	M <sup>2</sup>	1,146	80,72	92,5
COMPOSICAO	88316 SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,061	13,08	0,79
COMPOSICAO	88323 TELHADISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,056	14,43	0,8
COMPOSICAO	93287 GUINDASTE HIDRÁULICO AUTOPROPELIDO, COM LANÇA TELESCÓPICA 40 M, CAPACIDADE MÁXIMA 60 T, POTÊNCIA 260 KW - CHP DIURNO. AF_03/2016	CHP	0,0007	278,01	0,19
COMPOSICAO	93288 GUINDASTE HIDRÁULICO AUTOPROPELIDO, COM LANÇA TELESCÓPICA 40 M, CAPACIDADE MÁXIMA 60 T, POTÊNCIA 260 KW - CHI DIURNO. AF_03/2016	CHI	0,001	91,82	0,09

Fonte: CEF (2017).

**Tabela 6-38: Composição SINAPI 94213 - Telhamento com telha de aço/alumínio e = 0,5 mm, com até 2 águas, incluso içamento.**

Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Unitário (R\$)	Total (R\$)
94213	TELHAMENTO COM TELHA DE AÇO/ALUMÍNIO E = 0,5 MM, COM ATÉ 2 ÁGUAS, INCLUSO IÇAMENTO. AF_06/2016	M²			37,96
INSUMO 7243	TELHA DE AÇO ZINCADO TRAPEZOIDAL, A = *40* MM, E = 0,5 MM, SEM PINTURA	M²	1,166	25,47	29,69
INSUMO 11029	HASTE RETA PARA GANCHO DE FERRO GALVANIZADO, COM ROSCA 1/4 " X 30 CM PARA FIXAÇÃO DE TELHA METÁLICA, INCLUI PORCA E ARRUELAS DE VEDAÇÃO	CJ	4,15	1,31	5,43
COMPOSICAO 88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,096	13,08	1,25
COMPOSICAO 88323	TELHADISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,091	14,43	1,31
COMPOSICAO 93287	GUINDASTE HIDRÁULICO AUTOPROPELIDO, COM LANÇA TELESCÓPICA 40 M, CAPACIDADE MÁXIMA 60 T, POTÊNCIA 260 KW - CHP DIURNO. AF_03/2016	CHP	0,0007	278,01	0,19
COMPOSICAO 93288	GUINDASTE HIDRÁULICO AUTOPROPELIDO, COM LANÇA TELESCÓPICA 40 M, CAPACIDADE MÁXIMA 60 T, POTÊNCIA 260 KW - CHI DIURNO. AF_03/2016	CHI	0,001	91,82	0,09

Fonte: CEF (2017).

**Tabela 6-39: Composição SINAPI 75220 - Cumeeira em perfil ondulado de alumínio.**

Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Unitário (R\$)	Total (R\$)
75220	CUMEEIRA EM PERFIL ONDULADO DE ALUMÍNIO	M			31,05
INSUMO 7241	CUMEEIRA ALUMÍNIO ONDULADA, COMPRIMENTO = *1,12* M, E = 0,8 MM	M²	0,825	33,65	27,76
COMPOSICAO 88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,12	13,08	1,56
COMPOSICAO 88323	TELHADISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,12	14,43	1,73

Fonte: CEF (2017).

**Tabela 6-40: Composição SINAPI 90406 - Massa única, para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400l, aplicada manualmente em teto, espessura de 20mm, com execução de taliscas.**

Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Unitário (R\$)	Total (R\$)
90406	MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400L, APLICADA MANUALMENTE EM TETO, ESPESSURA DE 20MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS. AF_03/2015	M²			27,76
COMPOSICAO 87292	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_06/2014	M³	0,0376	296,98	11,16
COMPOSICAO 88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,79	16,23	12,82
COMPOSICAO 88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,289	13,08	3,78

Fonte: CEF (2017).

**Tabela 6-41: Composição SINAPI 88496 - Aplicação e lixamento de massa látex em teto, duas demãos.**

Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Unitário (R\$)	Total (R\$)
88496	APLICAÇÃO E LIXAMENTO DE MASSA LÁTEX EM TETO, DUAS DEMAOS. AF_06/2014	M²			16,51
INSUMO 3767	LIXA EM FOLHA PARA PAREDE OU MADEIRA, NÚMERO 120 (COR VERMELHA)	UN	0,1	0,42	0,04
INSUMO 4051	MASSA CORRIDA PVA PARA PAREDES INTERNAS	18L	0,0489	49	2,39
COMPOSICAO 88310	PINTOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,672	16,16	10,85
COMPOSICAO 88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,247	13,08	3,23

Fonte: CEF (2017).

**Tabela 6-42: Composição SINAPI 88486 - Aplicação manual de pintura com tinta látex PVA em teto, duas demãos.**

Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Unitário (R\$)	Total (R\$)
88486	APLICACAO MANUAL DE PINTURA COM TINTA LATEX PVA EM TETO, DUAS DEMAOS. AF_06/2014	M <sup>2</sup>			8,29
INSUMO	7345 TINTA LATEX PVA PREMIUM, COR BRANCA	L	0,33	14,38	4,74
COMPOSICAO	88310 PINTOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,17	16,16	2,74
COMPOSICAO	88316 SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,062	13,08	0,81

Fonte: CEF (2017).

**Tabela 6-43: Composição SINAPI 73882/1 - Calha em concreto simples, em meia cana, diâmetro 200 mm.**

Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Unitário (R\$)	Total (R\$)
73882/1	CALHA EM CONCRETO SIMPLES, EM MEIA CANA, DIAMETRO 200 MM	M			24,88
INSUMO	370 AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	M <sup>3</sup>	0,001	59,9	0,05
INSUMO	1379 CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	KG	0,35	0,38	0,13
INSUMO	13115 CALHA/CANAleta DE CONCRETO SIMPLES, TIPO MEIA CANA, D = 20 CM, PARA AGUA PLUVIAL	M	1,05	15,46	16,23
COMPOSICAO	88309 PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,2	16,23	3,24
COMPOSICAO	88316 SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,4	13,08	5,23

Fonte: CEF (2017).

**Tabela 6-44: Composição SINAPI 92557 - Fabricação e instalação de tesoura inteira em madeira não aparelhada, vão de 5 m, para telha ondulada de fibrocimento, metálica, plástica ou termoacústica, incluso içamento.**

Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Unitário (R\$)	Total (R\$)
92557	FABRICACAO E INSTALACAO DE TESOURA INTEIRA EM MADEIRA NAO APARELHADA, VAO DE 5 M, PARA TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO, METALICA, PLASTICA OU TERMOACUSTICA, INCLUSO ICAMENTO. AF_12/2015	UN			802,36
INSUMO	4400 CAIBRO DE MADEIRA NAO APARELHADA *6 X 8* CM, MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO	M	2,5	12,21	30,52
INSUMO	4425 VIGA DE MADEIRA NAO APARELHADA 6 X 12 CM, MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO	M	11	18,73	206,03
INSUMO	6193 TABUA MADEIRA 2A QUALIDADE 2,5 X 20,0CM (1 X 8") NAO APARELHADA	M	3	4,99	14,97
INSUMO	21142 ESTRIBO COM PARAFUSO EM CHAPA DE FERRO FUNDIDO DE 2" X 3/16" X 35 CM, SECAO "U", PARA MADEIRAMENTO DE TELHADO	UN	1	21,92	21,92
INSUMO	39027 PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 19 X 36 (3 1/4 X 9)	KG	1,375	9,47	13,02
COMPOSICAO	88239 AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	2,594	13,03	33,79
COMPOSICAO	88262 CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	11,241	16,13	181,31
COMPOSICAO	92259 INSTALACAO DE TESOURA (INTEIRA OU MEIA), BIAPOIADA, EM MADEIRA NAO APARELHADA, PARA VAOS MAIORES OU IGUAIS A 3,0 M E MENORES QUE 6,0 M, INCLUSO ICAMENTO. AF_12/2015	UN	1	300,8	300,8

Fonte: CEF (2017).



**Tabela 6-45: Composição SINAPI 96113 - Forro em placas de gesso, para ambientes comerciais.**

Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Unitário (R\$)	Total (R\$)
96113	FORRO EM PLACAS DE GESSO, PARA AMBIENTES COMERCIAIS. AF_05/2017_P	M <sup>2</sup>			21,15
INSUMO 345	ARAME GALVANIZADO 18 BWG, 1,24MM (0,009 KG/M)	KG	0,025	17,05	0,42
INSUMO 3315	GESSO EM PO PARA REVESTIMENTOS/MOLDURAS/SANCAS	KG	0,9964	0,27	0,26
INSUMO 4812	PLACA DE GESSO PARA FORRO, DE *60 X 60* CM E ESPESSURA DE 12 MM (30 MM NAS BORDAS) SEM COLOCACAO	M2	1,074	6,1	6,55
INSUMO 20250	SISAL EM FIBRA	KG	0,0078	7,95	0,06
INSUMO 40547	PARAFUSO ZINCADO, AUTOBROCANTE, FLANGEADO, 4,2 X 19"	CENTO	0,0308	16,41	0,5
COMPOSICAO 88269	GESSEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,6313	14,64	9,24
COMPOSICAO 88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,3156	13,08	4,12

Fonte: CEF (2017).

**Tabela 6-46: Composição SINAPI 94229 - Calha em chapa de aço galvanizado número 24, desenvolvimento de 100 cm, incluso transporte vertical.**

Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Unitário (R\$)	Total (R\$)
94229	CALHA EM CHAPA DE ACO GALVANIZADO NUMERO 24, DESENVOLVIMENTO DE 100 CM, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_06/2016	M			88,76
INSUMO 142	SELANTE ELASTICO MONOCOMPONENTE A BASE DE POLIURETANO PARA JUNTAS DIVERSAS	310ML	0,161	35,38	5,69
INSUMO 5061	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 18 X 27 (2 1/2 X 10)	KG	0,025	9,32	0,23
INSUMO 5104	REBITE DE ALUMINIO VAZADO DE REPUXO, 3,2 X 8 MM (1KG = 1025 UNIDADES)	KG	0,0049	39,39	0,19
INSUMO 13388	SOLDA EM BARRA DE ESTANHO-CHUMBO 50/50	KG	0,18	93,68	16,86
INSUMO 40871	CALHA QUADRADA DE CHAPA DE ACO GALVANIZADA NUM 24, CORTE 100 CM (COLETADO CAIXA)	M	1,05	46,97	49,31
COMPOSICAO 88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,633	13,08	8,27
COMPOSICAO 88323	TELHADISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,539	14,43	7,77
COMPOSICAO 93281	GUINCHO ELÉTRICO DE COLUNA, CAPACIDADE 400 KG, COM MOTO FREIO, MOTOR TRIFÁSICO DE 1,25 CV - CHP DIURNO. AF_03/2016	CHP	0,0132	14,66	0,19
COMPOSICAO 93282	GUINCHO ELÉTRICO DE COLUNA, CAPACIDADE 400 KG, COM MOTO FREIO, MOTOR TRIFÁSICO DE 1,25 CV - CHI DIURNO. AF_03/2016	CHI	0,0183	13,98	0,25

Fonte: CEF (2017).

**Tabela 6-47: Composição SINAPI 94228 - Calha em chapa de aço galvanizado número 24, desenvolvimento de 50 cm, incluso transporte vertical.**

Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Unitário (R\$)	Total (R\$)
94228	CALHA EM CHAPA DE ACO GALVANIZADO NUMERO 24, DESENVOLVIMENTO DE 50 CM, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_06/2016	M			45,43
INSUMO 142	SELANTE ELASTICO MONOCOMPONENTE A BASE DE POLIURETANO PARA JUNTAS DIVERSAS	310ML	0,081	35,38	2,86
INSUMO 5061	PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 18 X 27 (2 1/2 X 10)	KG	0,013	9,32	0,12
INSUMO 5104	REBITE DE ALUMINIO VAZADO DE REPUXO, 3,2 X 8 MM (1KG = 1025 UNIDADES)	KG	0,0024	39,39	0,09
INSUMO 13388	SOLDA EM BARRA DE ESTANHO-CHUMBO 50/50	KG	0,09	93,68	8,43
INSUMO 40870	CALHA QUADRADA DE CHAPA DE ACO GALVANIZADA NUM 24, CORTE 50 CM (COLETADO CAIXA)	M	1,05	23,48	24,65
COMPOSICAO 88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,371	13,08	4,85
COMPOSICAO 88323	TELHADISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,277	14,43	3,99
COMPOSICAO 93281	GUINCHO ELÉTRICO DE COLUNA, CAPACIDADE 400 KG, COM MOTO FREIO, MOTOR TRIFÁSICO DE 1,25 CV - CHP DIURNO. AF_03/2016	CHP	0,0132	14,66	0,19
COMPOSICAO 93282	GUINCHO ELÉTRICO DE COLUNA, CAPACIDADE 400 KG, COM MOTO FREIO, MOTOR TRIFÁSICO DE 1,25 CV - CHI DIURNO. AF_03/2016	CHI	0,0183	13,98	0,25

Fonte: CEF (2017).

**Tabela 6-48: Composição SINAPI 72110 - Estrutura metálica em tesouras ou treliças, vão livre de 12m, fornecimento e montagem, não sendo considerados os fechamentos metálicos, as colunas, os serviços gerais em alvenaria e concreto, as telhas de cobertura e a pintura de acabamento.**

Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Unitário (R\$)	Total (R\$)
72110	ESTRUTURA METALICA EM TESOURAS OU TRELICAS, VAO LIVRE DE 12M, FORNECIMENTO E MONTAGEM, NAO SENDO CONSIDERADOS OS FECHAMENTOS METALICOS, AS COLUNAS, OS SERVICOS GERAIS EM ALVENARIA E CONCRETO, AS TELHAS DE COBERTURA E A PINTURA DE ACABAMENTO	M <sup>2</sup>			58,09
INSUMO	10966 PERFIL "U" DE ACO LAMINADO, "U" 152 X 15,6	KG	10	3,87	38,7
COMPOSICAO	88278 MONTADOR DE ESTRUTURA METÁLICA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,7	14,64	10,24
COMPOSICAO	88316 SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,7	13,08	9,15

Fonte: CEF (2017).

**Tabela 6-49: Composição SINAPI 95468 - Pintura esmalte brilhante (2 demãos) sobre superfície metálica, inclusive proteção com zarcão (1 demão).**

Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Unitário (R\$)	Total (R\$)
95468	PINTURA ESMALTE BRILHANTE (2 DEMAOS) SOBRE SUPERFICIE METALICA, INCLUSIVE PROTECAO COM ZARCAO (1 DEMAIO)	M <sup>2</sup>			28,72
INSUMO	3768 LIXA EM FOLHA PARA FERRO, NUMERO 150	UN	0,3	1,8	0,54
INSUMO	5318 SOLVENTE DILUENTE A BASE DE AGUARRAS	L	0,03	11,64	0,34
INSUMO	7292 TINTA ESMALTE SINTETICO PREMIUM BRILHANTE	L	0,144	16,64	2,39
INSUMO	7307 FUNDO ANTICORROSIVO PARA METAIS FERROSOS (ZARCAO)	L	0,12	17,28	2,07
COMPOSICAO	88310 PINTOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,8	16,16	12,92
COMPOSICAO	88316 SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,8	13,08	10,46

Fonte: CEF (2017).

**Tabela 6-50: Composição SINAPI 74202/2 - Laje pré-moldada p/piso, sobrecarga 200kg/m<sup>2</sup>, vãos até 3,50m/e=8cm, c/lajotas e cap.c/conc fck=20 MPA, 4cm, inter-eixo 38cm, c/escoramento (reapr.3x) e ferragem negativa.**

Código	Descrição	Unidade	Quantidade	Unitário (R\$)	Total (R\$)
74202/2	LAJE PRE-MOLDADA P/PISO, SOBRECARGA 200KG/M2, VAOS ATE 3,50M/E=8CM, C/LAJOTAS E CAP.C/CONC FCK=20MPA, 4CM, INTER-EIXO 38CM, C/ESCORAMENTO (REAPR.3X) E FERRAGEM NEGATIVA	M <sup>2</sup>			70,99
INSUMO	39 ACO CA-60, 5,0 MM, VERGALHAO	KG	0,471	3,93	1,85
INSUMO	3743 LAJE PRE-MOLDADA CONVENCIONAL (LAJOTAS + VIGOTAS) PARA PISO, UNIDIRECIONAL, SOBRECARGA DE 200 KG/M2, VAO ATE 3,50 M (SEM COLOCACAO)	M <sup>2</sup>	1	36,04	36,04
INSUMO	4491 PECA DE MADEIRA NATIVA / REGIONAL 7,5 X 7,5CM (3X3) NAO APARELHADA (P/FORMA)	M	0,29	9,15	2,65
INSUMO	5061 PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 18 X 27 (2 1/2 X 10)	KG	0,03	9,32	0,27
INSUMO	6189 TABUA MADEIRA 2A QUALIDADE 2,5 X 30,0CM (1 X 12") NAO APARELHADA	M	0,17	7,49	1,27
COMPOSICAO	88239 AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,16	13,03	2,08
COMPOSICAO	88262 CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,16	16,13	2,58
COMPOSICAO	88309 PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,4	16,23	6,49
COMPOSICAO	88316 SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,44	13,08	5,75
COMPOSICAO	92874 LANÇAMENTO COM USO DE BOMBA, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_12/2015	M3	0,043	22,11	0,95
COMPOSICAO	94970 CONCRETO FCK = 20MPA, TRAÇO 1:2,7:3 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_07/2016	M3	0,043	257,21	11,06

Fonte: CEF (2017).

## 6.4 APÊNDICE 4. FLUXOS DE CAIXA DA APLICAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS NO EDIFÍCIO I EM RELAÇÃO AO CASO BASE.

**Tabela 6-51: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “a - Telha cerâmica colonial com forro de gesso” no edifício I em relação ao caso base.**

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. "Telha cerâmica colonial com forro de gesso"	33.372										
<b>Fluxo de Caixa</b>	33.372	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)
<b>VPL</b>	33.372	(941)	(875)	(814)	(757)	(705)	(655)	(610)	(567)	(528)	(491)
<b>Saldo Nominal</b>	33.372	32.360	31.349	30.337	29.326	28.314	27.302	26.291	25.279	24.268	23.256
<b>Saldo Descontado</b>	33.372	32.431	31.555	30.741	29.984	29.279	28.624	28.014	27.447	26.919	26.428
		<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. "Telha cerâmica colonial com forro de gesso"											
<b>Fluxo de Caixa</b>		(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)
<b>VPL</b>		(457)	(425)	(395)	(368)	(342)	(318)	(296)	(275)	(256)	(238)
<b>Saldo Nominal</b>		22.245	21.233	20.222	19.210	18.199	17.187	16.176	15.164	14.152	13.141
<b>Saldo Descontado</b>		25.972	25.547	25.152	24.785	24.443	24.125	23.829	23.554	23.298	23.060
		<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. "Telha cerâmica colonial com forro de gesso"											
<b>Fluxo de Caixa</b>		(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)	(1.012)
<b>VPL</b>		(222)	(206)	(192)	(178)	(166)	(154)	(144)	(134)	(124)	(116)
<b>Saldo Nominal</b>		12.129	11.118	10.106	9.095	8.083	7.072	6.060	5.049	4.037	3.025
<b>Saldo Descontado</b>		22.838	22.632	22.440	22.262	22.096	21.942	21.798	21.665	21.541	21.425
<b>VPL</b>	<b>21.425</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-52: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “b - Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada” no edifício I em relação ao caso base.**

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		760	760	760	760	760	760	760	760	760	760
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada	(3.256)			(3.256)			(3.256)			(3.256)	
<b>Fluxo de Caixa</b>	(3.256)	760	760	(2.496)	760	760	(2.496)	760	760	(2.496)	760
<b>VPL</b>	(3.256)	707	658	(2.009)	569	529	(1.617)	458	426	(1.302)	369
<b>Saldo Nominal</b>	(3.256)	(2.496)	(1.736)	(4.233)	(3.473)	(2.713)	(5.209)	(4.449)	(3.689)	(6.186)	(5.426)
<b>Saldo Descontado</b>	(3.256)	(2.549)	(1.892)	(3.901)	(3.332)	(2.803)	(4.420)	(3.962)	(3.536)	(4.838)	(4.470)
	<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>	
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		760	760	760	760	760	760	760	760	760	760
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada			(3.256)			(3.256)			(3.256)		
<b>Fluxo de Caixa</b>		760	(2.496)	760	760	(2.496)	760	760	(2.496)	760	760
<b>VPL</b>		343	(1.048)	297	276	(844)	239	222	(679)	192	179
<b>Saldo Nominal</b>		(4.666)	(7.162)	(6.402)	(5.642)	(8.139)	(7.379)	(6.619)	(9.115)	(8.355)	(7.595)
<b>Saldo Descontado</b>		(4.127)	(5.175)	(4.878)	(4.602)	(5.445)	(5.207)	(4.984)	(5.663)	(5.471)	(5.292)
	<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>	
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		760	760	760	760	760	760	760	760	760	760
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada		(3.256)			(3.256)			(3.256)			(3.256)
<b>Fluxo de Caixa</b>		(2.496)	760	760	(2.496)	760	760	(2.496)	760	760	(2.496)
<b>VPL</b>		(547)	155	144	(440)	125	116	(354)	100	93	(285)
<b>Saldo Nominal</b>		(10.092)	(9.332)	(8.572)	(11.068)	(10.308)	(9.548)	(12.045)	(11.285)	(10.525)	(13.021)
<b>Saldo Descontado</b>		(5.839)	(5.684)	(5.540)	(5.980)	(5.856)	(5.740)	(6.094)	(5.994)	(5.900)	(6.185)
<b>VPL</b>	<b>(6.185)</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-53: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “c - Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso” no edifício I em relação ao caso base.**

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		343	343	343	343	343	343	343	343	343	343
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha cer. colonial clara com forro de gesso	30.116			(3.256)			(3.256)			(3.256)	
<b>Fluxo de Caixa</b>	30.116	343	343	(2.913)	343	343	(2.913)	343	343	(2.913)	343
<b>VPL</b>	30.116	319	297	(2.345)	257	239	(1.888)	207	192	(1.519)	166
<b>Saldo Nominal</b>	30.116	30.459	30.802	27.889	28.232	28.575	25.662	26.005	26.348	23.435	23.778
<b>Saldo Descontado</b>	30.116	30.435	30.732	28.387	28.644	28.883	26.995	27.202	27.394	25.875	26.041
		<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		343	343	343	343	343	343	343	343	343	343
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha cer. colonial clara com forro de gesso			(3.256)			(3.256)			(3.256)		
<b>Fluxo de Caixa</b>		343	(2.913)	343	343	(2.913)	343	343	(2.913)	343	343
<b>VPL</b>		155	(1.223)	134	125	(985)	108	100	(792)	87	81
<b>Saldo Nominal</b>		24.121	21.208	21.551	21.894	18.981	19.324	19.667	16.754	17.098	17.441
<b>Saldo Descontado</b>		26.196	24.973	25.107	25.232	24.247	24.355	24.455	23.663	23.750	23.831
		<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		343	343	343	343	343	343	343	343	343	343
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha cer. colonial clara com forro de gesso		(3.256)			(3.256)			(3.256)			(3.256)
<b>Fluxo de Caixa</b>		(2.913)	343	343	(2.913)	343	343	(2.913)	343	343	(2.913)
<b>VPL</b>		(638)	70	65	(514)	56	52	(413)	45	42	(333)
<b>Saldo Nominal</b>		14.528	14.871	15.214	12.301	12.644	12.987	10.074	10.417	10.760	7.847
<b>Saldo Descontado</b>		23.193	23.263	23.328	22.814	22.870	22.923	22.509	22.555	22.597	22.264
<b>VPL</b>	<b>22.264</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-54: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “d - Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada” no edifício I em relação ao caso base.**

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		494	494	494	494	494	494	494	494	494	494
<b>Despesas</b>											
Implant./manut.Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada	(10.113)										
<b>Fluxo de Caixa</b>	(10.113)	494	494	494	494	494	494	494	494	494	494
<b>VPL</b>	(10.113)	459	427	397	370	344	320	298	277	257	240
<b>Saldo Nominal</b>	(10.113)	(9.619)	(9.125)	(8.632)	(8.138)	(7.645)	(7.151)	(6.657)	(6.164)	(5.670)	(5.176)
<b>Saldo Descontado</b>	(10.113)	(9.654)	(9.226)	(8.829)	(8.459)	(8.116)	(7.796)	(7.498)	(7.221)	(6.964)	(6.724)
		<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		494	494	494	494	494	494	494	494	494	494
<b>Despesas</b>											
Implant./manut.Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada											
<b>Fluxo de Caixa</b>		494	494	494	494	494	494	494	494	494	494
<b>VPL</b>		223	207	193	179	167	155	144	134	125	116
<b>Saldo Nominal</b>		(4.683)	(4.189)	(3.695)	(3.202)	(2.708)	(2.215)	(1.721)	(1.227)	(734)	(240)
<b>Saldo Descontado</b>		(6.502)	(6.294)	(6.102)	(5.922)	(5.755)	(5.600)	(5.456)	(5.321)	(5.197)	(5.080)
		<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		494	494	494	494	494	494	494	494	494	494
<b>Despesas</b>											
Implant./manut.Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada											
<b>Fluxo de Caixa</b>		494	494	494	494	494	494	494	494	494	494
<b>VPL</b>		108	101	94	87	81	75	70	65	61	56
<b>Saldo Nominal</b>		254	747	1.241	1.735	2.228	2.722	3.215	3.709	4.203	4.696
<b>Saldo Descontado</b>		(4.972)	(4.872)	(4.778)	(4.691)	(4.610)	(4.535)	(4.465)	(4.400)	(4.339)	(4.283)
<b>VPL</b>	<b>(4.283)</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-55: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “e - Telha metálica trapezoidal com forro de gesso” no edifício I em relação ao caso base.**

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha metálica trapezoidal com forro de gesso	24.189										
<b>Fluxo de Caixa</b>	24.189	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
<b>VPL</b>	24.189	74	69	64	60	56	52	48	45	42	39
<b>Saldo Nominal</b>	24.189	24.268	24.348	24.428	24.508	24.587	24.667	24.747	24.826	24.906	24.986
<b>Saldo Descontado</b>	24.189	24.263	24.332	24.396	24.456	24.511	24.563	24.611	24.656	24.697	24.736
		<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha metálica trapezoidal com forro de gesso											
<b>Fluxo de Caixa</b>		80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
<b>VPL</b>		36	33	31	29	27	25	23	22	20	19
<b>Saldo Nominal</b>		25.066	25.145	25.225	25.305	25.385	25.464	25.544	25.624	25.704	25.783
<b>Saldo Descontado</b>		24.772	24.805	24.837	24.865	24.892	24.917	24.941	24.963	24.983	25.001
		<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha metálica trapezoidal com forro de gesso											
<b>Fluxo de Caixa</b>		80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
<b>VPL</b>		17	16	15	14	13	12	11	11	10	9
<b>Saldo Nominal</b>		25.863	25.943	26.023	26.102	26.182	26.262	26.342	26.421	26.501	26.581
<b>Saldo Descontado</b>		25.019	25.035	25.050	25.064	25.077	25.090	25.101	25.111	25.121	25.130
<b>VPL</b>	<b>25.130</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-56: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “f - Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso” no edifício I em relação ao caso base.**

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso	(1.271)										
<b>Fluxo de Caixa</b>	(1.271)	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
<b>VPL</b>	(1.271)	156	145	135	126	117	109	101	94	88	82
<b>Saldo Nominal</b>	(1.271)	(1.102)	(934)	(766)	(598)	(430)	(262)	(94)	74	242	410
<b>Saldo Descontado</b>	(1.271)	(1.114)	(969)	(833)	(708)	(591)	(482)	(380)	(286)	(198)	(117)
		<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso											
<b>Fluxo de Caixa</b>		168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
<b>VPL</b>		76	71	66	61	57	53	49	46	43	40
<b>Saldo Nominal</b>		578	746	914	1.083	1.251	1.419	1.587	1.755	1.923	2.091
<b>Saldo Descontado</b>		(41)	30	95	156	213	266	315	361	403	443
		<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso											
<b>Fluxo de Caixa</b>		168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
<b>VPL</b>		37	34	32	30	28	26	24	22	21	19
<b>Saldo Nominal</b>		2.259	2.427	2.595	2.763	2.931	3.099	3.268	3.436	3.604	3.772
<b>Saldo Descontado</b>		480	514	546	575	603	629	652	675	695	715
<b>VPL</b>	<b>715</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.



Tabela 6-57: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “g - Vidro refletivo” no edifício I em relação ao caso base.

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		152	152	152	152	152	152	152	152	152	152
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Vidros Refletivos	(8.692)										
<b>Fluxo de Caixa</b>	(8.692)	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152
<b>VPL</b>	(8.692)	142	132	123	114	106	99	92	85	80	74
<b>Saldo Nominal</b>	(8.692)	(8.539)	(8.387)	(8.234)	(8.082)	(7.929)	(7.777)	(7.624)	(7.472)	(7.319)	(7.167)
<b>Saldo Descontado</b>	(8.692)	(8.550)	(8.418)	(8.295)	(8.181)	(8.075)	(7.976)	(7.884)	(7.799)	(7.719)	(7.645)
		<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		152	152	152	152	152	152	152	152	152	152
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Vidros Refletivos											
<b>Fluxo de Caixa</b>		152	152	152	152	152	152	152	152	152	152
<b>VPL</b>		69	64	60	55	52	48	45	41	39	36
<b>Saldo Nominal</b>		(7.014)	(6.862)	(6.709)	(6.557)	(6.405)	(6.252)	(6.100)	(5.947)	(5.795)	(5.642)
<b>Saldo Descontado</b>		(7.576)	(7.512)	(7.453)	(7.397)	(7.346)	(7.298)	(7.253)	(7.212)	(7.173)	(7.137)
		<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		152	152	152	152	152	152	152	152	152	152
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Vidros Refletivos											
<b>Fluxo de Caixa</b>		152	152	152	152	152	152	152	152	152	152
<b>VPL</b>		33	31	29	27	25	23	22	20	19	17
<b>Saldo Nominal</b>		(5.490)	(5.337)	(5.185)	(5.032)	(4.880)	(4.727)	(4.575)	(4.422)	(4.270)	(4.117)
<b>Saldo Descontado</b>		(7.104)	(7.073)	(7.044)	(7.017)	(6.992)	(6.969)	(6.947)	(6.927)	(6.908)	(6.891)
<b>VPL</b>	<b>(6.891)</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-58: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “h - Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado” no edifício I em relação ao caso base.**

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		207	207	207	207	207	207	207	207	207	207
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado	(17.357)										
<b>Fluxo de Caixa</b>	(17.357)	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207
<b>VPL</b>	(17.357)	193	179	167	155	144	134	125	116	108	101
<b>Saldo Nominal</b>	(17.357)	(17.150)	(16.942)	(16.735)	(16.528)	(16.321)	(16.113)	(15.906)	(15.699)	(15.492)	(15.284)
<b>Saldo Descontado</b>	(17.357)	(17.164)	(16.985)	(16.818)	(16.663)	(16.518)	(16.384)	(16.259)	(16.143)	(16.035)	(15.934)
		<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
<b>Receitas</b>											
Implant./manut. Estrutura de sombreamento		207	207	207	207	207	207	207	207	207	207
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado											
<b>Fluxo de Caixa</b>		207	207	207	207	207	207	207	207	207	207
<b>VPL</b>		94	87	81	75	70	65	61	56	52	49
<b>Saldo Nominal</b>		(15.077)	(14.870)	(14.663)	(14.456)	(14.248)	(14.041)	(13.834)	(13.627)	(13.419)	(13.212)
<b>Saldo Descontado</b>		(15.841)	(15.754)	(15.673)	(15.598)	(15.528)	(15.462)	(15.402)	(15.345)	(15.293)	(15.244)
		<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		207	207	207	207	207	207	207	207	207	207
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado											
<b>Fluxo de Caixa</b>		207	207	207	207	207	207	207	207	207	207
<b>VPL</b>		45	42	39	37	34	32	29	27	25	24
<b>Saldo Nominal</b>		(13.005)	(12.798)	(12.590)	(12.383)	(12.176)	(11.969)	(11.762)	(11.554)	(11.347)	(11.140)
<b>Saldo Descontado</b>		(15.199)	(15.157)	(15.117)	(15.081)	(15.047)	(15.015)	(14.986)	(14.958)	(14.933)	(14.909)
<b>VPL</b>	<b>(14.909)</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 6.5 APÊNDICE 5. FLUXOS DE CAIXA DA APLICAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS NO EDIFÍCIO II EM RELAÇÃO AO CASO BASE.

**Tabela 6-59: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “a - Telha cerâmica colonial com forro de gesso” no edifício II em relação ao caso base.**

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. "Telha cerâmica colonial com forro de gesso"	17.791										
<b>Fluxo de Caixa</b>	17.791	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)
<b>VPL</b>	17.791	(377)	(351)	(326)	(303)	(282)	(262)	(244)	(227)	(211)	(197)
<b>Saldo Nominal</b>	17.791	17.386	16.981	16.576	16.171	15.766	15.361	14.955	14.550	14.145	13.740
<b>Saldo Descontado</b>	17.791	17.414	17.064	16.738	16.434	16.152	15.890	15.646	15.418	15.207	15.011
		<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. "Telha cerâmica colonial com forro de gesso"											
<b>Fluxo de Caixa</b>		(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)
<b>VPL</b>		(183)	(170)	(158)	(147)	(137)	(127)	(118)	(110)	(103)	(95)
<b>Saldo Nominal</b>		13.335	12.930	12.525	12.120	11.715	11.310	10.904	10.499	10.094	9.689
<b>Saldo Descontado</b>		14.828	14.658	14.499	14.352	14.215	14.088	13.969	13.859	13.757	13.661
		<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. "Telha cerâmica colonial com forro de gesso"											
<b>Fluxo de Caixa</b>		(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)	(405)
<b>VPL</b>		(89)	(83)	(77)	(71)	(66)	(62)	(57)	(53)	(50)	(46)
<b>Saldo Nominal</b>		9.284	8.879	8.474	8.069	7.664	7.258	6.853	6.448	6.043	5.638
<b>Saldo Descontado</b>		13.573	13.490	13.413	13.342	13.276	13.214	13.156	13.103	13.053	13.007
<b>VPL</b>	<b>13.007</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-60: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “b - Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada” no edifício II em relação ao caso base.**

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		522	522	522	522	522	522	522	522	522	522
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada	(1.516)			(1.516)			(1.516)			(1.516)	
<b>Fluxo de Caixa</b>	(1.516)	522	522	(994)	522	522	(994)	522	522	(994)	522
<b>VPL</b>	(1.516)	486	452	(800)	391	364	(644)	315	293	(518)	253
<b>Saldo Nominal</b>	(1.516)	(994)	(472)	(1.466)	(944)	(422)	(1.416)	(894)	(372)	(1.366)	(844)
<b>Saldo Descontado</b>	(1.516)	(1.030)	(579)	(1.379)	(988)	(624)	(1.269)	(954)	(661)	(1.180)	(927)
		<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		522	522	522	522	522	522	522	522	522	522
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada			(1.516)			(1.516)			(1.516)		
<b>Fluxo de Caixa</b>		522	(994)	522	522	(994)	522	522	(994)	522	522
<b>VPL</b>		236	(417)	204	190	(336)	164	153	(270)	132	123
<b>Saldo Nominal</b>		(322)	(1.316)	(794)	(273)	(1.266)	(745)	(223)	(1.217)	(695)	(173)
<b>Saldo Descontado</b>		(691)	(1.108)	(904)	(715)	(1.051)	(887)	(734)	(1.004)	(872)	(749)
		<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		522	522	522	522	522	522	522	522	522	522
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada		(1.516)			(1.516)			(1.516)			(1.516)
<b>Fluxo de Caixa</b>		(994)	522	522	(994)	522	522	(994)	522	522	(994)
<b>VPL</b>		(218)	106	99	(175)	86	80	(141)	69	64	(114)
<b>Saldo Nominal</b>		(1.167)	(645)	(123)	(1.117)	(595)	(73)	(1.067)	(545)	(23)	(1.017)
<b>Saldo Descontado</b>		(967)	(861)	(762)	(937)	(852)	(772)	(913)	(844)	(780)	(894)
<b>VPL</b>	<b>(894)</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-61: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “c - Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso” no edifício II em relação ao caso base.**

Taxa de Atratividade	7,50%										
	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Receitas											
Redução Consumo de Energia Elétrica		331	331	331	331	331	331	331	331	331	331
Despesas											
Implant./manut. Telha cer. colonial clara com forro de gesso	16.275		(1.516)			(1.516)			(1.516)		
Fluxo de Caixa	16.275	331	331	(1.184)	331	331	(1.184)	331	331	(1.184)	331
VPL	16.275	308	287	(953)	248	231	(767)	200	186	(618)	161
Saldo Nominal	16.275	16.607	16.938	15.754	16.085	16.417	15.232	15.563	15.895	14.710	15.042
Saldo Descontado	16.275	16.584	16.870	15.917	16.165	16.396	15.628	15.828	16.014	15.396	15.557

	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15	Ano 16	Ano 17	Ano 18	Ano 19	Ano 20	
Receitas											
Redução Consumo de Energia Elétrica		331	331	331	331	331	331	331	331	331	
Despesas											
Implant./manut. Telha cer. colonial clara com forro de gesso		(1.516)			(1.516)			(1.516)			
Fluxo de Caixa		331	(1.184)	331	331	(1.184)	331	331	(1.184)	331	
VPL		150	(497)	129	120	(400)	104	97	(322)	84	78
Saldo Nominal		15.373	14.189	14.520	14.852	13.667	13.999	14.330	13.146	13.477	13.808
Saldo Descontado		15.707	15.209	15.339	15.459	15.059	15.163	15.260	14.938	15.022	15.100

	Ano 21	Ano 22	Ano 23	Ano 24	Ano 25	Ano 26	Ano 27	Ano 28	Ano 29	Ano 30	
Receitas											
Redução Consumo de Energia Elétrica		331	331	331	331	331	331	331	331	331	
Despesas											
Implant./manut. Telha cer. colonial clara com forro de gesso		(1.516)		(1.516)			(1.516)			(1.516)	
Fluxo de Caixa		(1.184)	331	331	(1.184)	331	331	(1.184)	331	(1.184)	
VPL		(259)	68	63	(209)	54	51	(168)	44	41	(135)
Saldo Nominal		12.624	12.955	13.287	12.102	12.434	12.765	11.581	11.912	12.244	11.059
Saldo Descontado		14.840	14.908	14.971	14.762	14.816	14.867	14.699	14.742	14.783	14.648

VPL	14.648
-----	--------

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-62: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “d - Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada” no edifício II em relação ao caso base.**

<b>Taxa de Atratividade</b>	<b>7,50%</b>										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		327	327	327	327	327	327	327	327	327	327
<b>Despesas</b>											
Implant./manut.Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada	(4.836)										
<b>Fluxo de Caixa</b>	(4.836)	327	327	327	327	327	327	327	327	327	327
<b>VPL</b>	(4.836)	305	283	264	245	228	212	197	184	171	159
<b>Saldo Nominal</b>	(4.836)	(4.508)	(4.181)	(3.854)	(3.526)	(3.199)	(2.872)	(2.544)	(2.217)	(1.890)	(1.562)
<b>Saldo Descontado</b>	(4.836)	(4.531)	(4.248)	(3.984)	(3.739)	(3.511)	(3.299)	(3.102)	(2.918)	(2.748)	(2.589)
		<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		327	327	327	327	327	327	327	327	327	327
<b>Despesas</b>											
Implant./manut.Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada											
<b>Fluxo de Caixa</b>		327	327	327	327	327	327	327	327	327	327
<b>VPL</b>		148	137	128	119	111	103	96	89	83	77
<b>Saldo Nominal</b>		(1.235)	(907)	(580)	(253)	75	402	729	1.057	1.384	1.712
<b>Saldo Descontado</b>		(2.441)	(2.304)	(2.176)	(2.057)	(1.946)	(1.843)	(1.747)	(1.658)	(1.576)	(1.498)
		<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		327	327	327	327	327	327	327	327	327	327
<b>Despesas</b>											
Implant./manut.Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada											
<b>Fluxo de Caixa</b>		327	327	327	327	327	327	327	327	327	327
<b>VPL</b>		72	67	62	58	54	50	46	43	40	37
<b>Saldo Nominal</b>		2.039	2.366	2.694	3.021	3.348	3.676	4.003	4.331	4.658	4.985
<b>Saldo Descontado</b>		(1.427)	(1.360)	(1.298)	(1.240)	(1.187)	(1.137)	(1.090)	(1.047)	(1.007)	(969)
<b>VPL</b>	<b>(969)</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-63: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “e - Telha metálica trapezoidal com forro de gesso” no edifício II em relação ao caso base.**

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		139	139	139	139	139	139	139	139	139	139
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha metálica trapezoidal com forro de gesso	12.231										
<b>Fluxo de Caixa</b>	12.231	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139
<b>VPL</b>	12.231	129	120	112	104	97	90	84	78	73	67
<b>Saldo Nominal</b>	12.231	12.370	12.509	12.649	12.788	12.927	13.066	13.205	13.344	13.483	13.622
<b>Saldo Descontado</b>	12.231	12.361	12.481	12.593	12.697	12.794	12.884	12.968	13.046	13.119	13.186
		<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		139	139	139	139	139	139	139	139	139	139
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha metálica trapezoidal com forro de gesso											
<b>Fluxo de Caixa</b>		139	139	139	139	139	139	139	139	139	139
<b>VPL</b>		63	58	54	51	47	44	41	38	35	33
<b>Saldo Nominal</b>		13.761	13.901	14.040	14.179	14.318	14.457	14.596	14.735	14.874	15.014
<b>Saldo Descontado</b>		13.249	13.307	13.362	13.412	13.459	13.503	13.544	13.581	13.617	13.649
		<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		139	139	139	139	139	139	139	139	139	139
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha metálica trapezoidal com forro de gesso											
<b>Fluxo de Caixa</b>		139	139	139	139	139	139	139	139	139	139
<b>VPL</b>		30	28	26	25	23	21	20	18	17	16
<b>Saldo Nominal</b>		15.153	15.292	15.431	15.570	15.709	15.848	15.987	16.126	16.266	16.405
<b>Saldo Descontado</b>		13.680	13.708	13.735	13.759	13.782	13.803	13.823	13.841	13.858	13.874
<b>VPL</b>	<b>13.874</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-64: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “f - Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso” no edifício II em relação ao caso base.**

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		146	146	146	146	146	146	146	146	146	146
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso	297										
<b>Fluxo de Caixa</b>	297	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146
<b>VPL</b>	297	136	127	118	109	102	95	88	82	76	71
<b>Saldo Nominal</b>	297	443	589	736	882	1.028	1.174	1.320	1.466	1.613	1.759
<b>Saldo Descontado</b>	297	433	559	677	787	888	983	1.071	1.153	1.229	1.300

	<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
<b>Receitas</b>										
Redução Consumo de Energia Elétrica	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146
<b>Despesas</b>										
Implant./manut. Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso										
<b>Fluxo de Caixa</b>	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146
<b>VPL</b>	66	61	57	53	49	46	43	40	37	34
<b>Saldo Nominal</b>	1.905	2.051	2.197	2.344	2.490	2.636	2.782	2.928	3.075	3.221
<b>Saldo Descontado</b>	1.366	1.428	1.485	1.538	1.587	1.633	1.676	1.716	1.753	1.787

	<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>
<b>Receitas</b>										
Redução Consumo de Energia Elétrica	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146
<b>Despesas</b>										
Implant./manut. Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso										
<b>Fluxo de Caixa</b>	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146
<b>VPL</b>	32	30	28	26	24	22	21	19	18	17
<b>Saldo Nominal</b>	3.367	3.513	3.659	3.806	3.952	4.098	4.244	4.390	4.537	4.683
<b>Saldo Descontado</b>	1.819	1.849	1.877	1.903	1.927	1.949	1.970	1.989	2.007	2.024

<b>VPL</b>	<b>2.024</b>
------------	--------------

Fonte: Elaborado pelo autor.



**Tabela 6-65: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “g - Vidro refletivo” no edifício II em relação ao caso base.**

Taxa de Atratividade		7,50%										
		Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Receitas												
Redução Consumo de Energia Elétrica		73										
Despesas												
Implant./manut. Vidros Refletivos		(2.468)										
Fluxo de Caixa		(2.468)	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73
VPL		(2.468)	68	63	59	55	51	47	44	41	38	35
Saldo Nominal		(2.468)	(2.395)	(2.322)	(2.249)	(2.176)	(2.103)	(2.031)	(1.958)	(1.885)	(1.812)	(1.739)
Saldo Descontado		(2.468)	(2.400)	(2.337)	(2.278)	(2.224)	(2.173)	(2.126)	(2.082)	(2.041)	(2.003)	(1.968)
		Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15	Ano 16	Ano 17	Ano 18	Ano 19	Ano 20	
Receitas												
Redução Consumo de Energia Elétrica		73										
Despesas												
Implant./manut. Vidros Refletivos												
Fluxo de Caixa			73	73	73	73	73	73	73	73	73	73
VPL			33	31	28	26	25	23	21	20	18	17
Saldo Nominal			(1.666)	(1.593)	(1.521)	(1.448)	(1.375)	(1.302)	(1.229)	(1.156)	(1.083)	(1.011)
Saldo Descontado			(1.935)	(1.904)	(1.876)	(1.849)	(1.825)	(1.802)	(1.780)	(1.761)	(1.742)	(1.725)
		Ano 21	Ano 22	Ano 23	Ano 24	Ano 25	Ano 26	Ano 27	Ano 28	Ano 29	Ano 30	
Receitas												
Redução Consumo de Energia Elétrica		73										
Despesas												
Implant./manut. Vidros Refletivos												
Fluxo de Caixa			73	73	73	73	73	73	73	73	73	73
VPL			16	15	14	13	12	11	10	10	9	8
Saldo Nominal			(938)	(865)	(792)	(719)	(646)	(573)	(501)	(428)	(355)	(282)
Saldo Descontado			(1.709)	(1.694)	(1.680)	(1.668)	(1.656)	(1.644)	(1.634)	(1.625)	(1.616)	(1.607)
VPL		(1.607)										

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-66: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “h - Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado” no edifício II em relação ao caso base.**

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado	(6.235)										
<b>Fluxo de Caixa</b>	(6.235)	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
<b>VPL</b>	(6.235)	61	57	53	49	46	43	40	37	34	32
<b>Saldo Nominal</b>	(6.235)	(6.169)	(6.103)	(6.038)	(5.972)	(5.906)	(5.840)	(5.774)	(5.708)	(5.643)	(5.577)
<b>Saldo Descontado</b>	(6.235)	(6.174)	(6.117)	(6.064)	(6.015)	(5.969)	(5.926)	(5.886)	(5.849)	(5.815)	(5.783)
		<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado											
<b>Fluxo de Caixa</b>		66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
<b>VPL</b>		30	28	26	24	22	21	19	18	17	15
<b>Saldo Nominal</b>		(5.511)	(5.445)	(5.379)	(5.313)	(5.248)	(5.182)	(5.116)	(5.050)	(4.984)	(4.919)
<b>Saldo Descontado</b>		(5.753)	(5.726)	(5.700)	(5.676)	(5.654)	(5.633)	(5.614)	(5.596)	(5.579)	(5.564)
		<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado											
<b>Fluxo de Caixa</b>		66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
<b>VPL</b>		14	13	12	12	11	10	9	9	8	8
<b>Saldo Nominal</b>		(4.853)	(4.787)	(4.721)	(4.655)	(4.589)	(4.524)	(4.458)	(4.392)	(4.326)	(4.260)
<b>Saldo Descontado</b>		(5.550)	(5.536)	(5.524)	(5.512)	(5.501)	(5.491)	(5.482)	(5.473)	(5.465)	(5.458)
<b>VPL</b>	<b>(5.458)</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 6.6 APÊNDICE 6. FLUXOS DE CAIXA DA APLICAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS NO EDIFÍCIO I EM RELAÇÃO AO CASO DE MAIOR CONSUMO ANUAL.

Tabela 6-67: Fluxo de caixa do caso base do edifício I em relação ao caso de maior consumo anual.

Taxa de Atratividade	7,50%										
	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Receitas											
Redução Consumo de Energia Elétrica		1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012
Despesas											
Implant./manut. Caso base	(33.372)			-			-			-	
Fluxo de Caixa	(33.372)	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012
VPL	(33.372)	941	875	814	757	705	655	610	567	528	491
Saldo Nominal	(33.372)	(32.360)	(31.349)	(30.337)	(29.326)	(28.314)	(27.302)	(26.291)	(25.279)	(24.268)	(23.256)
Saldo Descontado	(33.372)	(32.431)	(31.555)	(30.741)	(29.984)	(29.279)	(28.624)	(28.014)	(27.447)	(26.919)	(26.428)
	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15	Ano 16	Ano 17	Ano 18	Ano 19	Ano 20	
Receitas											
Redução Consumo de Energia Elétrica		1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012
Despesas											
Implant./manut. Caso base			-			-			-		
Fluxo de Caixa		1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012
VPL		457	425	395	368	342	318	296	275	256	238
Saldo Nominal		(22.245)	(21.233)	(20.222)	(19.210)	(18.199)	(17.187)	(16.176)	(15.164)	(14.152)	(13.141)
Saldo Descontado		(25.972)	(25.547)	(25.152)	(24.785)	(24.443)	(24.125)	(23.829)	(23.554)	(23.298)	(23.060)
	Ano 21	Ano 22	Ano 23	Ano 24	Ano 25	Ano 26	Ano 27	Ano 28	Ano 29	Ano 30	
Receitas											
Redução Consumo de Energia Elétrica		1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012
Despesas											
Implant./manut. Caso base		-		-			-			-	
Fluxo de Caixa		1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012
VPL		222	206	192	178	166	154	144	134	124	116
Saldo Nominal		(12.129)	(11.118)	(10.106)	(9.095)	(8.083)	(7.072)	(6.060)	(5.049)	(4.037)	(3.025)
Saldo Descontado		(22.838)	(22.632)	(22.440)	(22.262)	(22.096)	(21.942)	(21.798)	(21.665)	(21.541)	(21.425)
VPL	(21.425)										

**Tabela 6-68: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “b - Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada” no edifício I em relação ao caso de maior consumo anual.**

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		1.771	1.771	1.771	1.771	1.771	1.771	1.771	1.771	1.771	1.771
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada	(36.628)			(3.256)			(3.256)			(3.256)	
<b>Fluxo de Caixa</b>	(36.628)	1.771	1.771	(1.485)	1.771	1.771	(1.485)	1.771	1.771	(1.485)	1.771
<b>VPL</b>	(36.628)	1.648	1.533	(1.195)	1.326	1.234	(962)	1.068	993	(774)	859
<b>Saldo Nominal</b>	(36.628)	(34.857)	(33.085)	(34.570)	(32.798)	(31.027)	(32.512)	(30.740)	(28.969)	(30.454)	(28.682)
<b>Saldo Descontado</b>	(36.628)	(34.980)	(33.447)	(34.642)	(33.316)	(32.082)	(33.044)	(31.976)	(30.983)	(31.757)	(30.898)
	<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>	
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		1.771	1.771	1.771	1.771	1.771	1.771	1.771	1.771	1.771	1.771
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada			(3.256)			(3.256)			(3.256)		
<b>Fluxo de Caixa</b>		1.771	(1.485)	1.771	1.771	(1.485)	1.771	1.771	(1.485)	1.771	1.771
<b>VPL</b>		800	(623)	692	644	(502)	557	518	(404)	448	417
<b>Saldo Nominal</b>		(26.911)	(28.395)	(26.624)	(24.853)	(26.337)	(24.566)	(22.794)	(24.279)	(22.508)	(20.736)
<b>Saldo Descontado</b>		(30.098)	(30.722)	(30.030)	(29.386)	(29.888)	(29.331)	(28.813)	(29.217)	(28.769)	(28.352)
	<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>	
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		1.771	1.771	1.771	1.771	1.771	1.771	1.771	1.771	1.771	1.771
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada		(3.256)			(3.256)			(3.256)			(3.256)
<b>Fluxo de Caixa</b>		(1.485)	1.771	1.771	(1.485)	1.771	1.771	(1.485)	1.771	1.771	(1.485)
<b>VPL</b>		(325)	361	336	(262)	290	270	(211)	234	218	(170)
<b>Saldo Nominal</b>		(22.221)	(20.450)	(18.678)	(20.163)	(18.391)	(16.620)	(18.105)	(16.333)	(14.562)	(16.047)
<b>Saldo Descontado</b>		(28.677)	(28.316)	(27.980)	(28.242)	(27.952)	(27.681)	(27.892)	(27.658)	(27.441)	(27.610)
<b>VPL</b>	<b>(27.610)</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-69: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “c - Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso” no edifício I em relação ao caso de maior consumo anual.**

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		1.355	1.355	1.355	1.355	1.355	1.355	1.355	1.355	1.355	1.355
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha cer. colonial clara com forro de gesso	(3.256)			(3.256)			(3.256)			(3.256)	
<b>Fluxo de Caixa</b>	(3.256)	1.355	1.355	(1.902)	1.355	1.355	(1.902)	1.355	1.355	(1.902)	1.355
<b>VPL</b>	(3.256)	1.260	1.172	(1.531)	1.014	944	(1.232)	817	760	(992)	657
<b>Saldo Nominal</b>	(3.256)	(1.902)	(547)	(2.448)	(1.094)	261	(1.641)	(286)	1.069	(833)	522
<b>Saldo Descontado</b>	(3.256)	(1.996)	(824)	(2.354)	(1.340)	(397)	(1.629)	(812)	(53)	(1.044)	(387)
	<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>	
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		1.355	1.355	1.355	1.355	1.355	1.355	1.355	1.355	1.355	1.355
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha cer. colonial clara com forro de gesso			(3.256)		(3.256)			(3.256)			
<b>Fluxo de Caixa</b>		1.355	(1.902)	1.355	1.355	(1.902)	1.355	1.355	(1.902)	1.355	1.355
<b>VPL</b>		611	(798)	529	492	(643)	426	396	(517)	343	319
<b>Saldo Nominal</b>		1.876	(25)	1.330	2.684	783	2.137	3.492	1.590	2.945	4.300
<b>Saldo Descontado</b>		224	(574)	(45)	447	(195)	230	627	109	452	771
	<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>	
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		1.355	1.355	1.355	1.355	1.355	1.355	1.355	1.355	1.355	1.355
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha cer. colonial clara com forro de gesso		(3.256)		(3.256)			(3.256)			(3.256)	
<b>Fluxo de Caixa</b>		(1.902)	1.355	1.355	(1.902)	1.355	1.355	(1.902)	1.355	1.355	(1.902)
<b>VPL</b>		(416)	276	257	(335)	222	207	(270)	179	166	(217)
<b>Saldo Nominal</b>		2.398	3.753	5.108	3.206	4.561	5.915	4.014	5.368	6.723	4.822
<b>Saldo Descontado</b>		355	631	887	552	774	981	711	890	1.056	839
<b>VPL</b>	<b>839</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-70: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “d - Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada” no edifício I em relação ao caso de maior consumo anual.**

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505
<b>Despesas</b>											
Implant./manut.Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada	(43.484)										
<b>Fluxo de Caixa</b>	(43.484)	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505
<b>VPL</b>	(43.484)	1.400	1.302	1.212	1.127	1.048	975	907	844	785	730
<b>Saldo Nominal</b>	(43.484)	(41.979)	(40.474)	(38.969)	(37.464)	(35.959)	(34.453)	(32.948)	(31.443)	(29.938)	(28.433)
<b>Saldo Descontado</b>	(43.484)	(42.084)	(40.782)	(39.570)	(38.443)	(37.395)	(36.419)	(35.512)	(34.668)	(33.883)	(33.153)
		<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505
<b>Despesas</b>											
Implant./manut.Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada											
<b>Fluxo de Caixa</b>		1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505
<b>VPL</b>		679	632	588	547	509	473	440	409	381	354
<b>Saldo Nominal</b>		(26.928)	(25.422)	(23.917)	(22.412)	(20.907)	(19.402)	(17.896)	(16.391)	(14.886)	(13.381)
<b>Saldo Descontado</b>		(32.473)	(31.841)	(31.254)	(30.707)	(30.198)	(29.725)	(29.285)	(28.875)	(28.494)	(28.140)
		<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505
<b>Despesas</b>											
Implant./manut.Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada											
<b>Fluxo de Caixa</b>		1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505	1.505
<b>VPL</b>		330	307	285	265	247	230	214	199	185	172
<b>Saldo Nominal</b>		(11.876)	(10.371)	(8.865)	(7.360)	(5.855)	(4.350)	(2.845)	(1.339)	166	1.671
<b>Saldo Descontado</b>		(27.810)	(27.504)	(27.218)	(26.953)	(26.706)	(26.477)	(26.263)	(26.064)	(25.880)	(25.708)
<b>VPL</b>	<b>(25.708)</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-71: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “e - Telha metálica trapezoidal com forro de gesso” no edifício I em relação ao caso de maior consumo anual.**

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha metálica trapezoidal com forro de gesso	(9.183)										
<b>Fluxo de Caixa</b>	(9.183)	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091
<b>VPL</b>	(9.183)	1.015	944	878	817	760	707	658	612	569	529
<b>Saldo Nominal</b>	(9.183)	(8.092)	(7.001)	(5.909)	(4.818)	(3.727)	(2.636)	(1.544)	(453)	638	1.730
<b>Saldo Descontado</b>	(9.183)	(8.168)	(7.224)	(6.345)	(5.528)	(4.768)	(4.061)	(3.403)	(2.791)	(2.222)	(1.693)
		<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha metálica trapezoidal com forro de gesso											
<b>Fluxo de Caixa</b>		1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091
<b>VPL</b>		493	458	426	396	369	343	319	297	276	257
<b>Saldo Nominal</b>		2.821	3.912	5.003	6.095	7.186	8.277	9.369	10.460	11.551	12.642
<b>Saldo Descontado</b>		(1.200)	(742)	(316)	81	450	793	1.112	1.409	1.685	1.942
		<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha metálica trapezoidal com forro de gesso											
<b>Fluxo de Caixa</b>		1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091	1.091
<b>VPL</b>		239	222	207	192	179	166	155	144	134	125
<b>Saldo Nominal</b>		13.734	14.825	15.916	17.008	18.099	19.190	20.281	21.373	22.464	23.555
<b>Saldo Descontado</b>		2.181	2.403	2.610	2.802	2.981	3.148	3.303	3.447	3.581	3.705
<b>VPL</b>	<b>3.705</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-72: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “f - Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso” no edifício I em relação ao caso de maior consumo anual.**

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso	(34.642)										
<b>Fluxo de Caixa</b>	(34.642)	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180
<b>VPL</b>	(34.642)	1.097	1.021	950	883	822	764	711	661	615	572
<b>Saldo Nominal</b>	(34.642)	(33.463)	(32.283)	(31.103)	(29.924)	(28.744)	(27.565)	(26.385)	(25.205)	(24.026)	(22.846)
<b>Saldo Descontado</b>	(34.642)	(33.545)	(32.524)	(31.575)	(30.691)	(29.870)	(29.105)	(28.394)	(27.733)	(27.118)	(26.545)
		<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso											
<b>Fluxo de Caixa</b>		1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180
<b>VPL</b>		532	495	461	429	399	371	345	321	299	278
<b>Saldo Nominal</b>		(21.666)	(20.487)	(19.307)	(18.128)	(16.948)	(15.768)	(14.589)	(13.409)	(12.230)	(11.050)
<b>Saldo Descontado</b>		(26.013)	(25.518)	(25.057)	(24.628)	(24.230)	(23.859)	(23.514)	(23.193)	(22.894)	(22.617)
		<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso											
<b>Fluxo de Caixa</b>		1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180
<b>VPL</b>		258	240	224	208	193	180	167	156	145	135
<b>Saldo Nominal</b>		(9.870)	(8.691)	(7.511)	(6.331)	(5.152)	(3.972)	(2.793)	(1.613)	(433)	746
<b>Saldo Descontado</b>		(22.358)	(22.118)	(21.895)	(21.687)	(21.493)	(21.313)	(21.146)	(20.990)	(20.845)	(20.711)
<b>VPL</b>	<b>(20.711)</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.



Tabela 6-73: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “g - Vidro refletivo” no edifício I em relação ao caso de maior consumo anual.

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Vidros Refletivos	(42.063)										
<b>Fluxo de Caixa</b>	(42.063)	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164
<b>VPL</b>	(42.063)	1.083	1.007	937	872	811	754	702	653	607	565
<b>Saldo Nominal</b>	(42.063)	(40.899)	(39.735)	(38.571)	(37.407)	(36.243)	(35.079)	(33.915)	(32.751)	(31.587)	(30.423)
<b>Saldo Descontado</b>	(42.063)	(40.981)	(39.973)	(39.036)	(38.165)	(37.354)	(36.600)	(35.898)	(35.245)	(34.638)	(34.073)
		<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Vidros Refletivos											
<b>Fluxo de Caixa</b>		1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164
<b>VPL</b>		525	489	455	423	393	366	340	317	295	274
<b>Saldo Nominal</b>		(29.259)	(28.095)	(26.931)	(25.767)	(24.603)	(23.439)	(22.275)	(21.111)	(19.947)	(18.783)
<b>Saldo Descontado</b>		(33.548)	(33.059)	(32.605)	(32.182)	(31.788)	(31.422)	(31.082)	(30.765)	(30.471)	(30.197)
		<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Vidros Refletivos											
<b>Fluxo de Caixa</b>		1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164
<b>VPL</b>		255	237	221	205	191	178	165	154	143	133
<b>Saldo Nominal</b>		(17.619)	(16.455)	(15.291)	(14.127)	(12.963)	(11.799)	(10.635)	(9.471)	(8.307)	(7.143)
<b>Saldo Descontado</b>		(29.942)	(29.705)	(29.484)	(29.279)	(29.088)	(28.911)	(28.745)	(28.592)	(28.449)	(28.316)
<b>VPL</b>	<b>(28.316)</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-74: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “h - Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado” no edifício I em relação ao caso de maior consumo anual.**

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado	(50.729)										
<b>Fluxo de Caixa</b>	(50.729)	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219
<b>VPL</b>	(50.729)	1.134	1.055	981	913	849	790	735	683	636	591
<b>Saldo Nominal</b>	(50.729)	(49.510)	(48.291)	(47.072)	(45.853)	(44.635)	(43.416)	(42.197)	(40.978)	(39.760)	(38.541)
<b>Saldo Descontado</b>	(50.729)	(49.595)	(48.540)	(47.559)	(46.647)	(45.798)	(45.008)	(44.273)	(43.590)	(42.954)	(42.363)
		<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
<b>Receitas</b>											
Implant./manut. Estrutura de sombreamento		1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado											
<b>Fluxo de Caixa</b>		1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219
<b>VPL</b>		550	512	476	443	412	383	356	332	308	287
<b>Saldo Nominal</b>		(37.322)	(36.103)	(34.884)	(33.666)	(32.447)	(31.228)	(30.009)	(28.791)	(27.572)	(26.353)
<b>Saldo Descontado</b>		(41.813)	(41.301)	(40.825)	(40.382)	(39.970)	(39.587)	(39.231)	(38.899)	(38.591)	(38.304)
		<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado											
<b>Fluxo de Caixa</b>		1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219	1.219
<b>VPL</b>		267	248	231	215	200	186	173	161	150	139
<b>Saldo Nominal</b>		(25.134)	(23.915)	(22.697)	(21.478)	(20.259)	(19.040)	(17.822)	(16.603)	(15.384)	(14.165)
<b>Saldo Descontado</b>		(38.037)	(37.789)	(37.558)	(37.343)	(37.143)	(36.957)	(36.784)	(36.623)	(36.474)	(36.334)
<b>VPL</b>	<b>(36.334)</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 6.7 APÊNDICE 7. FLUXOS DE CAIXA DA APLICAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS NO EDIFÍCIO II EM RELAÇÃO AO CASO DE MAIOR CONSUMO ANUAL.

Tabela 6-75: Fluxo de caixa do caso base do edifício II em relação ao caso de maior consumo anual.

Taxa de Atratividade	7,50%										
	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		405	405	405	405	405	405	405	405	405	405
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Caso base	(17.791)			-			-			-	
<b>Fluxo de Caixa</b>	(17.791)	405	405	405	405	405	405	405	405	405	405
<b>VPL</b>	(17.791)	377	351	326	303	282	262	244	227	211	197
<b>Saldo Nominal</b>	(17.791)	(17.386)	(16.981)	(16.576)	(16.171)	(15.766)	(15.361)	(14.955)	(14.550)	(14.145)	(13.740)
<b>Saldo Descontado</b>	(17.791)	(17.414)	(17.064)	(16.738)	(16.434)	(16.152)	(15.890)	(15.646)	(15.418)	(15.207)	(15.011)
	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15	Ano 16	Ano 17	Ano 18	Ano 19	Ano 20	
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		405	405	405	405	405	405	405	405	405	405
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Caso base			-			-		-			
<b>Fluxo de Caixa</b>		405	405	405	405	405	405	405	405	405	405
<b>VPL</b>		183	170	158	147	137	127	118	110	103	95
<b>Saldo Nominal</b>		(13.335)	(12.930)	(12.525)	(12.120)	(11.715)	(11.310)	(10.904)	(10.499)	(10.094)	(9.689)
<b>Saldo Descontado</b>		(14.828)	(14.658)	(14.499)	(14.352)	(14.215)	(14.088)	(13.969)	(13.859)	(13.757)	(13.661)
	Ano 21	Ano 22	Ano 23	Ano 24	Ano 25	Ano 26	Ano 27	Ano 28	Ano 29	Ano 30	
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		405	405	405	405	405	405	405	405	405	405
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Caso base		-		-			-			-	
<b>Fluxo de Caixa</b>		405	405	405	405	405	405	405	405	405	405
<b>VPL</b>		89	83	77	71	66	62	57	53	50	46
<b>Saldo Nominal</b>		(9.284)	(8.879)	(8.474)	(8.069)	(7.664)	(7.258)	(6.853)	(6.448)	(6.043)	(5.638)
<b>Saldo Descontado</b>		(13.573)	(13.490)	(13.413)	(13.342)	(13.276)	(13.214)	(13.156)	(13.103)	(13.053)	(13.007)
<b>VPL</b>	<b>(13.007)</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-76: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “b - Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada” no edifício II em relação ao caso de maior consumo anual.**

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		927	927	927	927	927	927	927	927	927	927
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada	(19.307)			(1.516)			(1.516)			(1.516)	
<b>Fluxo de Caixa</b>	(19.307)	927	927	(589)	927	927	(589)	927	927	(589)	927
<b>VPL</b>	(19.307)	862	802	(474)	694	646	(382)	559	520	(307)	450
<b>Saldo Nominal</b>	(19.307)	(18.380)	(17.453)	(18.042)	(17.115)	(16.188)	(16.777)	(15.850)	(14.923)	(15.512)	(14.584)
<b>Saldo Descontado</b>	(19.307)	(18.445)	(17.643)	(18.117)	(17.422)	(16.777)	(17.158)	(16.599)	(16.080)	(16.387)	(15.937)
	<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>	
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		927	927	927	927	927	927	927	927	927	927
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada			(1.516)			(1.516)			(1.516)		
<b>Fluxo de Caixa</b>		927	(589)	927	927	(589)	927	927	(589)	927	927
<b>VPL</b>		418	(247)	362	337	(199)	291	271	(160)	235	218
<b>Saldo Nominal</b>		(13.657)	(14.246)	(13.319)	(12.392)	(12.981)	(12.054)	(11.127)	(11.716)	(10.789)	(9.862)
<b>Saldo Descontado</b>		(15.519)	(15.766)	(15.404)	(15.067)	(15.266)	(14.975)	(14.703)	(14.864)	(14.629)	(14.411)
	<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>	
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		927	927	927	927	927	927	927	927	927	927
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha cerâmica colonial clara com forro de laje pré-moldada		(1.516)			(1.516)			(1.516)			(1.516)
<b>Fluxo de Caixa</b>		(589)	927	927	(589)	927	927	(589)	927	927	(589)
<b>VPL</b>		(129)	189	176	(104)	152	141	(84)	122	114	(67)
<b>Saldo Nominal</b>		(10.451)	(9.524)	(8.597)	(9.186)	(8.259)	(7.331)	(7.920)	(6.993)	(6.066)	(6.655)
<b>Saldo Descontado</b>		(14.540)	(14.351)	(14.175)	(14.279)	(14.127)	(13.986)	(14.069)	(13.947)	(13.833)	(13.900)
<b>VPL</b>	<b>(13.900)</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-77: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “c - Telha cerâmica colonial clara com forro de gesso” no edifício II em relação ao caso de maior consumo anual.**

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		737	737	737	737	737	737	737	737	737	737
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha cer. colonial clara com forro de gesso	(1.516)			(1.516)			(1.516)			(1.516)	
<b>Fluxo de Caixa</b>	(1.516)	737	737	(779)	737	737	(779)	737	737	(779)	737
<b>VPL</b>	(1.516)	685	637	(627)	552	513	(505)	444	413	(407)	357
<b>Saldo Nominal</b>	(1.516)	(779)	(43)	(822)	(86)	651	(129)	608	1.345	565	1.302
<b>Saldo Descontado</b>	(1.516)	(831)	(193)	(821)	(269)	244	(261)	183	596	189	547
		<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		737	737	737	737	737	737	737	737	737	737
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha cer. colonial clara com forro de gesso			(1.516)			(1.516)			(1.516)		
<b>Fluxo de Caixa</b>		737	(779)	737	737	(779)	737	737	(779)	737	737
<b>VPL</b>		332	(327)	288	268	(263)	232	215	(212)	186	173
<b>Saldo Nominal</b>		2.038	1.259	1.995	2.732	1.953	2.689	3.426	2.646	3.383	4.119
<b>Saldo Descontado</b>		879	552	839	1.107	844	1.075	1.291	1.079	1.265	1.438
		<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		737	737	737	737	737	737	737	737	737	737
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha cer. colonial clara com forro de gesso		(1.516)			(1.516)			(1.516)			(1.516)
<b>Fluxo de Caixa</b>		(779)	737	737	(779)	737	737	(779)	737	737	(779)
<b>VPL</b>		(171)	150	140	(137)	121	112	(111)	97	90	(89)
<b>Saldo Nominal</b>		3.340	4.077	4.813	4.034	4.770	5.507	4.727	5.464	6.200	5.421
<b>Saldo Descontado</b>		1.268	1.418	1.557	1.420	1.541	1.653	1.542	1.640	1.730	1.641
<b>VPL</b>	<b>1.641</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-78: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “d - Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada” no edifício II em relação ao caso de maior consumo anual.**

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		732	732	732	732	732	732	732	732	732	732
<b>Despesas</b>											
Implant./manut.Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada	(22.627)										
<b>Fluxo de Caixa</b>	(22.627)	732	732	732	732	732	732	732	732	732	732
<b>VPL</b>	(22.627)	681	634	590	548	510	475	442	411	382	355
<b>Saldo Nominal</b>	(22.627)	(21.895)	(21.162)	(20.430)	(19.697)	(18.965)	(18.232)	(17.500)	(16.767)	(16.035)	(15.302)
<b>Saldo Descontado</b>	(22.627)	(21.946)	(21.312)	(20.722)	(20.174)	(19.664)	(19.189)	(18.747)	(18.337)	(17.955)	(17.599)
		<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		732	732	732	732	732	732	732	732	732	732
<b>Despesas</b>											
Implant./manut.Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada											
<b>Fluxo de Caixa</b>		732	732	732	732	732	732	732	732	732	732
<b>VPL</b>		331	308	286	266	248	230	214	199	185	172
<b>Saldo Nominal</b>		(14.570)	(13.837)	(13.105)	(12.372)	(11.640)	(10.907)	(10.175)	(9.442)	(8.710)	(7.978)
<b>Saldo Descontado</b>		(17.269)	(16.961)	(16.675)	(16.409)	(16.161)	(15.931)	(15.717)	(15.518)	(15.332)	(15.160)
		<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		732	732	732	732	732	732	732	732	732	732
<b>Despesas</b>											
Implant./manut.Telha metálica trapezoidal com forro de laje pré-moldada											
<b>Fluxo de Caixa</b>		732	732	732	732	732	732	732	732	732	732
<b>VPL</b>		160	149	139	129	120	112	104	97	90	84
<b>Saldo Nominal</b>		(7.245)	(6.513)	(5.780)	(5.048)	(4.315)	(3.583)	(2.850)	(2.118)	(1.385)	(653)
<b>Saldo Descontado</b>		(14.999)	(14.850)	(14.711)	(14.582)	(14.462)	(14.350)	(14.247)	(14.150)	(14.060)	(13.976)
<b>VPL</b>	<b>(13.976)</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-79: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “e - Telha metálica trapezoidal com forro de gesso” no edifício II em relação ao caso de maior consumo anual.**

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		544	544	544	544	544	544	544	544	544	544
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha metálica trapezoidal com forro de gesso	(5.560)										
<b>Fluxo de Caixa</b>	(5.560)	544	544	544	544	544	544	544	544	544	544
<b>VPL</b>	(5.560)	506	471	438	408	379	353	328	305	284	264
<b>Saldo Nominal</b>	(5.560)	(5.016)	(4.472)	(3.927)	(3.383)	(2.839)	(2.295)	(1.750)	(1.206)	(662)	(118)
<b>Saldo Descontado</b>	(5.560)	(5.054)	(4.583)	(4.145)	(3.737)	(3.358)	(3.005)	(2.677)	(2.372)	(2.088)	(1.824)
		<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		544	544	544	544	544	544	544	544	544	544
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha metálica trapezoidal com forro de gesso											
<b>Fluxo de Caixa</b>		544	544	544	544	544	544	544	544	544	544
<b>VPL</b>		246	228	213	198	184	171	159	148	138	128
<b>Saldo Nominal</b>		426	971	1.515	2.059	2.603	3.148	3.692	4.236	4.780	5.324
<b>Saldo Descontado</b>		(1.579)	(1.350)	(1.138)	(940)	(756)	(585)	(426)	(278)	(140)	(12)
		<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		544	544	544	544	544	544	544	544	544	544
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha metálica trapezoidal com forro de gesso											
<b>Fluxo de Caixa</b>		544	544	544	544	544	544	544	544	544	544
<b>VPL</b>		119	111	103	96	89	83	77	72	67	62
<b>Saldo Nominal</b>		5.869	6.413	6.957	7.501	8.045	8.590	9.134	9.678	10.222	10.767
<b>Saldo Descontado</b>		107	218	321	417	506	589	667	738	805	867
<b>VPL</b>	<b>867</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-80: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “f - Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso” no edifício II em relação ao caso de maior consumo anual.**

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		551	551	551	551	551	551	551	551	551	551
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso	(17.494)										
<b>Fluxo de Caixa</b>	(17.494)	551	551	551	551	551	551	551	551	551	551
<b>VPL</b>	(17.494)	513	477	444	413	384	357	332	309	288	267
<b>Saldo Nominal</b>	(17.494)	(16.943)	(16.392)	(15.840)	(15.289)	(14.738)	(14.186)	(13.635)	(13.084)	(12.533)	(11.981)
<b>Saldo Descontado</b>	(17.494)	(16.981)	(16.504)	(16.061)	(15.648)	(15.264)	(14.907)	(14.574)	(14.265)	(13.978)	(13.710)
		<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		551	551	551	551	551	551	551	551	551	551
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso											
<b>Fluxo de Caixa</b>		551	551	551	551	551	551	551	551	551	551
<b>VPL</b>		249	231	215	200	186	173	161	150	140	130
<b>Saldo Nominal</b>		(11.430)	(10.879)	(10.327)	(9.776)	(9.225)	(8.673)	(8.122)	(7.571)	(7.020)	(6.468)
<b>Saldo Descontado</b>		(13.461)	(13.230)	(13.014)	(12.814)	(12.628)	(12.455)	(12.293)	(12.143)	(12.004)	(11.874)
		<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		551	551	551	551	551	551	551	551	551	551
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Telha Galvalume com isolamento termoacústico em poliuretano e forro de gesso											
<b>Fluxo de Caixa</b>		551	551	551	551	551	551	551	551	551	551
<b>VPL</b>		121	112	104	97	90	84	78	73	68	63
<b>Saldo Nominal</b>		(5.917)	(5.366)	(4.814)	(4.263)	(3.712)	(3.160)	(2.609)	(2.058)	(1.507)	(955)
<b>Saldo Descontado</b>		(11.753)	(11.641)	(11.537)	(11.439)	(11.349)	(11.265)	(11.187)	(11.114)	(11.046)	(10.983)
<b>VPL</b>	<b>(10.983)</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.



Tabela 6-81: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “g - Vidro refletivo” no edifício II em relação ao caso de maior consumo anual.

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		478	478	478	478	478	478	478	478	478	478
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Vidros Refletivos	(20.259)										
<b>Fluxo de Caixa</b>	(20.259)	478	478	478	478	478	478	478	478	478	478
<b>VPL</b>	(20.259)	445	414	385	358	333	310	288	268	249	232
<b>Saldo Nominal</b>	(20.259)	(19.781)	(19.303)	(18.825)	(18.347)	(17.869)	(17.391)	(16.913)	(16.435)	(15.957)	(15.479)
<b>Saldo Descontado</b>	(20.259)	(19.814)	(19.401)	(19.016)	(18.658)	(18.325)	(18.015)	(17.727)	(17.459)	(17.210)	(16.978)
		<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		478	478	478	478	478	478	478	478	478	478
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Vidros Refletivos											
<b>Fluxo de Caixa</b>		478	478	478	478	478	478	478	478	478	478
<b>VPL</b>		216	201	187	174	162	150	140	130	121	113
<b>Saldo Nominal</b>		(15.001)	(14.523)	(14.045)	(13.567)	(13.089)	(12.612)	(12.134)	(11.656)	(11.178)	(10.700)
<b>Saldo Descontado</b>		(16.762)	(16.562)	(16.375)	(16.201)	(16.040)	(15.890)	(15.750)	(15.620)	(15.499)	(15.386)
		<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		478	478	478	478	478	478	478	478	478	478
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Vidros Refletivos											
<b>Fluxo de Caixa</b>		478	478	478	478	478	478	478	478	478	478
<b>VPL</b>		105	97	91	84	78	73	68	63	59	55
<b>Saldo Nominal</b>		(10.222)	(9.744)	(9.266)	(8.788)	(8.310)	(7.832)	(7.354)	(6.876)	(6.398)	(5.920)
<b>Saldo Descontado</b>		(15.282)	(15.184)	(15.094)	(15.010)	(14.931)	(14.858)	(14.790)	(14.727)	(14.669)	(14.614)
<b>VPL</b>	<b>(14.614)</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 6-82: Fluxo de caixa da aplicação da alternativa “h - Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado” no edifício II em relação ao caso de maior consumo anual.**

<b>Taxa de Atratividade</b>	7,50%										
	<b>Ano 0</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		471	471	471	471	471	471	471	471	471	471
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado	(24.026)										
<b>Fluxo de Caixa</b>	(24.026)	471	471	471	471	471	471	471	471	471	471
<b>VPL</b>	(24.026)	438	408	379	353	328	305	284	264	246	228
<b>Saldo Nominal</b>	(24.026)	(23.555)	(23.084)	(22.613)	(22.142)	(21.672)	(21.201)	(20.730)	(20.259)	(19.788)	(19.317)
<b>Saldo Descontado</b>	(24.026)	(23.588)	(23.181)	(22.802)	(22.449)	(22.121)	(21.816)	(21.532)	(21.268)	(21.022)	(20.794)
		<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		471	471	471	471	471	471	471	471	471	471
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado											
<b>Fluxo de Caixa</b>		471	471	471	471	471	471	471	471	471	471
<b>VPL</b>		213	198	184	171	159	148	138	128	119	111
<b>Saldo Nominal</b>		(18.846)	(18.375)	(17.904)	(17.433)	(16.962)	(16.491)	(16.020)	(15.550)	(15.079)	(14.608)
<b>Saldo Descontado</b>		(20.581)	(20.383)	(20.200)	(20.028)	(19.869)	(19.721)	(19.583)	(19.455)	(19.336)	(19.225)
		<b>Ano 21</b>	<b>Ano 22</b>	<b>Ano 23</b>	<b>Ano 24</b>	<b>Ano 25</b>	<b>Ano 26</b>	<b>Ano 27</b>	<b>Ano 28</b>	<b>Ano 29</b>	<b>Ano 30</b>
<b>Receitas</b>											
Redução Consumo de Energia Elétrica		471	471	471	471	471	471	471	471	471	471
<b>Despesas</b>											
Implant./manut. Dispositivo de sombreamento “caixa de ovo”/gradeado											
<b>Fluxo de Caixa</b>		471	471	471	471	471	471	471	471	471	471
<b>VPL</b>		103	96	89	83	77	72	67	62	58	54
<b>Saldo Nominal</b>		(14.137)	(13.666)	(13.195)	(12.724)	(12.253)	(11.782)	(11.311)	(10.840)	(10.369)	(9.898)
<b>Saldo Descontado</b>		(19.122)	(19.026)	(18.937)	(18.854)	(18.777)	(18.705)	(18.638)	(18.576)	(18.518)	(18.464)
<b>VPL</b>	<b>(18.464)</b>										

Fonte: Elaborado pelo autor.